9 II
17039

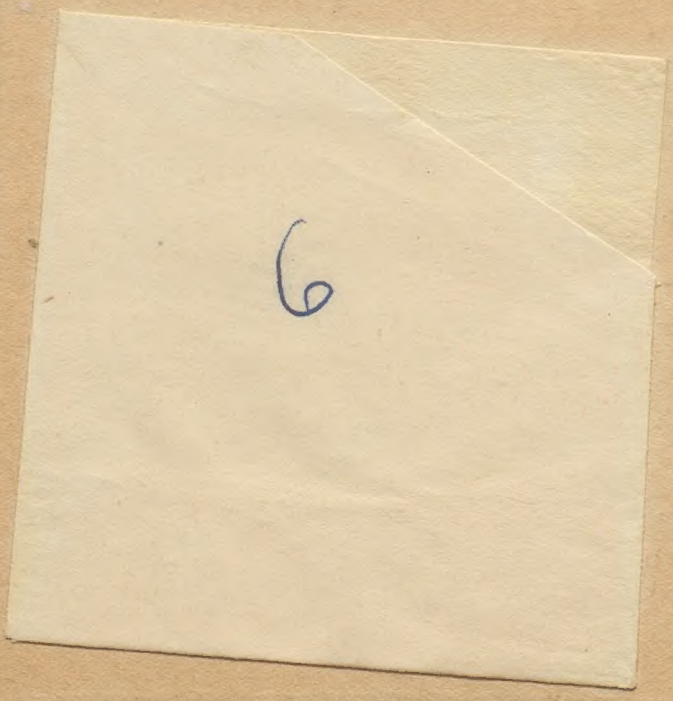
Акад. В. И. ВЕРНАДСКИЙ

БИОСФЕРА

I—II

НАУЧНОЕ ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ В. С. Н. Х.
ЛЕНИНГРАД
1926

ПРОВ
1950



Ж 17039

Акад. В. И. ВЕРНАДСКИЙ

5 ИЮН 1963

БИОСФЕРА

I-II.

Проверка 2007

НАУЧНОЕ ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ В. С. Н. Х.
ЛЕНИНГРАД
1926

Государственная Типография имени Ивана Федорова.
Ленинград, Звенигородская 11.

SOUZ
Литература

Ленинградский Гублит. № 19054. Тираж 2000 экз.

ОТ АВТОРА.

Среди огромной геологической литературы отсутствует связный очерк биосферы, рассматриваемой как единое целое, как закономерное проявление механизма планеты, ее верхней области—земной коры.

Сама закономерность ее существования обычно оставляется без внимания. Жизнь рассматривается, как случайное явление на земле, а в связи с этим исчезает из нашего научного кругозора на каждом шагу проявляющееся влияние живого на ход земных процессов, не случайное развитие жизни на земле и не случайное образование на поверхности планеты, на ее границе с космической средой, особой охваченной жизнью оболочки—б и о с ф е р ы.

Такое состояние геологических знаний теснейшим образом связано с своеобразным, исторически сложившимся представлением о геологических явлениях, как о совокупности проявления мелких причин, к л у б к а с л у ч а й н о с т е й. Из научного сознания исчезает представление о геологических явлениях, как о явлениях п л а н е т н ы х, свойственных в своих законностях не только одной нашей земле, и о строении земли, как о согласованном в своих частях м е х а н и з м е, изучение частностей которого должно итти в теснейшей связи с представлением о нем, как о целом.

В общем, в геологии, в явлениях, связанных с жизнью, изучаются частности. Изучение отвечающего им м е х а н и з м а не ставится, как задача научного исследования. И когда она не ставится и ее существование не сознается, исследователь неизбежно проходит мимо ее, нас на каждом шагу окружающих, проявлений.

В этих очерках автор попытался иначе посмотреть на геологическое значение явлений жизни.

Он не делает никаких гипотез. Он пытается стоять на прочной и незыблемой почве—на эмпирических обобщениях. Он,

основываясь на точных и бесспорных фактах, пытается описать геологическое проявление жизни, дать картину совершающегося вокруг нас планетного процесса.

При этом, однако, он оставил в стороне три предвзятых идеи, исторически выясненное проникновение которых в геологическую мысль кажется ему противоречащим существующим в науке эмпирическим обобщениям, этим основным достижениям естествоиспытателя.

Одна из них—это указанная выше идея о геологических явлениях, как о случайных совпадениях причин, или слепых по самому существу своему, или кажущихся такими по их сложности и множественности, не разложимой в данную эпоху научной мыслью.

Это обычное в науке предвзятое представление только отчасти связано с определенным философско-религиозным миропониманием; главным образом оно является следствием не полного логического анализа основ эмпирического знания.

Другие распространенные в геологической работе предвзятые идеи кажутся автору всецело связанными с чуждыми эмпирической основе науки, вошедшими в нее извне, построениями. С одной стороны, принимается логически неизбежным существование начала жизни, ее возникновение в ту или в другую стадию геологического прошлого земли. Эти идеи вошли в науку из религиозно-философских исканий. С другой стороны, считается логически непреложным отражение в геологических явлениях до геологических стадий развития планеты, имевшей облик, резко отличный от того, какой подлежит нашему научному исследованию. В частности считается непреложным былое существование огненно-жидкой или горячей газообразной стадии земли. Эти представления вошли в геологию из области философских, в частности космогонических, интуиций и исканий.

Автор считает логическую обязательность следствий из этих идей иллюзией и принятие во внимание этих следствий в текущей геологической работе в данный момент развития геологии вредным, тормозящим и ограничивающим научную работу обстоятельством.

Не предрешая существования механизма планеты, согласованного в единое целое бытия ее частей—он пытается однако охватить с этой точки зрения имеющуюся эмпири-

чески научно установленную совокупность фактов и видит, что при таком охвате геологическое отражение жизни вполне отвечает такому представлению. Ему кажется, что существование планетного механизма, в который входит, как определенная составная часть, жизнь и в частности область ее проявления—биосфера—отвечает всему имеющемуся эмпирическому материалу, неизбежно вытекает из его научного анализа.

Не считая логически обязательным допущение начала жизни и отражения в геологических явлениях космических стадий планеты, в частности существования для нее когда то огненно-жидкого или газообразного состояния, автор выбрасывает их из своего круга зрения. И он, не находя никакого следа их проявления в доступном изучению эмпирическом материале, полагает возможным поэтому считать эти представления ненужными надстройками, чуждыми имеющимся крупным и прочным эмпирическим обобщениям. В дальнейшем анализе этих обобщений и связанном с ними теоретическом синтезе следует оставить в стороне эти в них не находящие опоры философские и космогонические гипотезы. Надо искать новых.

* * *

Печатаемые два очерка—„Биосфера в космосе“ и „Область жизни“—независимы друг от друга, но тесно связаны между собой указанной выше общей точкой зрения. Необходимость их обработки выявилась для автора во время работы над явлениями жизни в биосфере, которую он ведет неуклонно с 1917 года[1]).

---

[1]) Другие работы автора в этом направлении: Начало и вечность жизни. П. 1922.—Химический состав живого вещества. П. 1922 (по французски в Revue génér. des Sciences. P. 1923, по чешски 1925)—Живое вещество и химия моря. П. 1923 (Revue génér. des Sciences. P. 1924 по франц.) — Химич. элементы и механизм земн. коры. (Природа. 1922.) — La géochimie. P. 1924 (Alcan).—Sur la géochimie (Revue Scient. 1924)—Sur la portée biol. de quelques manif. géoch. (Revue gén. des Sc. 1925).—L'autotrophie de l'humanité (Revue gén. des Sc. P. 1925)—Ход жизни в биосфере. (Природа 1925).—Определение геохим. энергии (величин Δ, v и e) однолетних цветковых растений. Л. 1926 (Изд. Акад. Наук).—Определение геохим. энергии (величин Δ, v и e) некот. насекомых. Л. 1926 (ib).—Размножение организмов и его значение в механизме биосферы (Известия Акад. Наук. Л. 1926). Etudes biogéochimiques. I. La vitesse de la transmission de la vie dans la biosphère (там-же).

В связи с этой работой автор подошел еще к трем очеркам—„Живое вещество“, „Строение живого вещества“, „Живое вещество в геохимической истории системы элементов“ окончательно обработать которые для печати он сейчас не имеет времени.

Он надеется их издать дополнительно.

В. И. Вернадский.

Прага.
Февраль 1926.

ОЧЕРК ПЕРВЫЙ.

БИОСФЕРА В КОСМОСЕ.

Невозмутимый строй во всем,
Созвучье полное в природе.
Ф. Тютчев. 1865.

1. **Биосфера в мировой среде.** Своеобразным, единственным в своем роде, отличным и неповторяемым в других небесных телах представляется нам лик земли,—ее изображение в космосе, вырисовывающееся извне, со стороны, из дали бесконечных небесных пространств.

В лике земли выявляется поверхность нашей планеты, ее биосфера, ее наружная область, отграничивающая ее от космической среды. Лик земли становится видным, благодаря проникающим в него световым излучениям небесных светил, главным образом солнца. Он собирает всюду из небесных пространств бесконечное число различных излучений, из которых видные нам световые являются ничтожной частью.

Из невидимых излучений нам известны пока немногие. Мы едва начинаем сознавать их разнообразие, понимать отрывочность и неполноту наших представлений об окружающем и проникающем нас в биосфере мире излучений, об их основном, с трудом постижимом уму, привыкшему к иным картинам мироздания, значении в окружающих нас процессах.

Излучениями нематериальной среды охвачена не только биосфера, но все доступное, все мыслимое пространство. Кругом нас, в нас самих, всюду и везде, без перерыва, вечно сменяясь, совпадая и сталкиваясь, идут излучения разной длины волны—от волн, длина которых исчисляется десятимиллионными долями миллиметра, до длинных, измеряемых километрами.

Все пространство ими заполнено. Нам трудно может быть и невозможно образно представить себе эту среду, косми-

ческую среду мира, в которой мы живем и в которой—в одном и том же месте и в одно и то же время мы различаем—и измеряем—по мере улучшения наших приемов исследования все новые и новые излучения.

Их вечная смена и непрерывное заполнение ими пространства резко отличают лишенную материи космическую среду от идеального пространства геометрии.

Это излучения разного рода. Они выявляют изменение среды и находящихся в ней материальных тел. Одни из них для нас вырисовываются в форме энергии—передачи состояний. Но на ряду с ними, в том же космическом пространстве, часто со скоростью того же порядка, идет иное излучение быстро переносящихся отдельных мельчайших частиц, наиболее изученными из которых—помимо материальных—являются электроны, атомы электричества, составные части элементов материи—атомов.

Это две стороны одного и того же явления, между ними есть переходы. Передача состояний есть проявление движения совокупностей, будут ли то кванты, электроны, магнетоны, разряды. Движение отдельных их элементов связано с совокупностями; сами они могут оставаться на месте.

Излучение частиц есть проявление переноса отдельных элементов совокупностей. Эти частицы так же, как и излучения, связанные с передачей состояний, могут проходить через строющие мир материальные тела. Они могут являться столь же резкими источниками изменения явлений, наблюдаемых в среде, в которую они попадают, как являются ими формы энергии.

2. Сейчас мы далеки от сколько нибудь удовлетворительного их познания и можем—в области геохимических явлений биосферы—пока не принимать во внимание излучения частиц.

Но мы должны на каждом шагу считаться во всех наших построениях с теми излучениями передачи состояний, которые являются для нас формами энергии. В зависимости от формы излучений, в частности, напр., от длины их волн они будут нам проявляться, как свет, теплота, электричество—будут различным образом менять материальную среду, нашу планету и тела, ее составляющие.

Исходя из изучения длины волн, можно различить огромную область таких излучений. Она охватывает сейчас около

40 октав. Мы можем получить ясное представление об этом числе, вспомнив, что о д н о й октавой является видимая часть солнечного спектра.

Мы явно не дошли в этой форме до полного охвата мира, до познания всех октав. Все дальше и дальше расширяется область излучений с ходом научного творчества... Но в наши научные представления о космосе, в наши обычные построения мира входят немногие даже из тех сорока октав, существование которых является несомненным.

Космические излучения, принимаемые нашей планетой, строющие, как увидим, ее биосферу—лежат только в пределах ч е т ы р е х с п о л о в и н о й о к т а в из числа 40 нам известных. Нам кажется невероятным отсутствие остальных октав в мировом пространстве; мы считаем это отсутствие кажущимся; объясняем его их поглощением в материальной разреженной среде высоких слоев земной атмосферы.

Для наиболее известных космических излучений—лучей солнца—известна одна октава световых лучей, три октавы тепловых и пол-октавы ультрафиолетовых. Представляется несомненным, что эта последняя является небольшим осколком, пропущенным стратосферой (§ 110).

3. Космические излучения вечно и непрерывно льют на лик земли мощный поток сил, придающий совершенно особый, новый характер частям планеты, граничащим с космическим пространством.

Благодаря космическим излучениям биосфера получает во всем своем строении новые, необычные и неизвестные для земного вещества свойства, и отражающий ее в космической среде лик земли выявляет в этой среде новую, измененную космическими силами, картину земной поверхности.

В е щ е с т в о б и о с ф е р ы, благодаря им, проникнуто энергией; оно с т а н о в и т с я а к т и в н ы м, собирает и распределяет в биосфере полученную в форме излучений энергию, превращает ее в конце концов в энергию в земной среде свободную, способную производить работу.

Образованная им земная поверхностная оболочка не может таким образом рассматриваться, как область только вещества; это область энергии, источник изменения планеты внешними космическими силами.

Лик земли ими меняется, ими в значительной мере лепится. Он не есть только отражение нашей планеты, проявление ее вещества и ее энергии—он одновременно является и созданием внешних сил космоса.

Благодаря этому история биосферы резко отлична от истории других частей планеты, и ее значение в планетном механизме совершенно исключительное.

Она в такой же, если не в большей, степени есть создание солнца, как и выявление процессов земли. Древние интуиции великих религиозных созданий человечества о тварях земли—в частности о людях—как детях Солнца, гораздо ближе к истине, чем думают те, которые видят в тварях земли только эфемерные создания слепых и случайных изменений земного вещества, земных сил.

Твари земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма, в котором, как мы знаем, нет случайности.

4. К тому же самому выводу приводят нас резко меняющиеся за последние года наши представления о веществе, из которого построена биосфера.

Исходя из них для нас является неизбежным видеть в нем проявление космического механизма.

Это отнюдь не является следствием того, что часть вещества биосферы—может быть бóльшая—неземного происхождения, попадает на нашу планету, извне, из космических пространств. Ибо это приходящее извне вещество—космическая пыль и метеориты—не отличимо в своем внутреннем строении от земного.

Многое нам еще непонятно и неясно в неожиданном характере его строения, нам сейчас открывающегося. Еще мы не достигли определенного и полного о нем представления; однако совершающиеся изменения наших представлений о нем так велики и настолько меняют все наше понимание геологических явлений, что на них необходимо остановиться прежде всего при первом нашем вступлении в эту область земных явлений.

Несомненно, одинаковость строения достигающего до нас космического вещества со строением вещества земли не ограничивается биосферой—тонкой наружной пленкой пла-

неты. Оно то же для всей земной коры, для оболочки литосферы, мощностью в 60—100 километров, верхнею частью которой является неразрывно и постепенно с нею сливающаяся биосфера (§ 83).

Нельзя сомневаться, что и вещество более глубоких частей планеты того же характера—хотя химический состав его иной, и хотя, повидимому, оно всегда чуждо земной коре. Поэтому его можно оставить без внимания при изучении явлений, наблюдаемых в биосфере. Вещество земных областей, лежащих ниже земной коры, едва ли проникает в нее в сколько нибудь значительных количествах в короткие периоды времени.

5. Долгое время не возбуждало никакого сомнения представление, что химический состав земной коры обусловливается чисто геологическими причинами и является результатом взаимодействия многочисленных разнообразных, мелких и крупных геологических явлений.

Объяснение ему искали в совокупном действии тех самых геологических явлений, которые мы наблюдаем и сейчас в окружающей нас среде—в химическом и в растворяющем действии вод, атмосферы, организмов, вулканических извержений и т. п. Земная кора, казалось, получила современный свой химический состав—качественный и количественный—в результате взаимодействия одних и тех же геологических процессов в течение всего геологического времени и неизменных за этот период свойств химических элементов.

Такое объяснение представляло многочисленные трудности, и на ряду с ним существовали еще более сложные представления об изменении во времени геологических явлений, вызвавших этот химический состав. В связи с этим стали видеть в этом составе отражение древних периодов истории земли, не похожих на современный; стали считать земную кору за измененную окалину некогда расплавленной массы нашей планеты, образовавшуюся на земной поверхности в полном согласии с законами распределения химических элементов таких застывающих при понижении температуры расплавленных масс. Для объяснения преобладания в ней определенных относительно легких элементов, обращались к еще более древним периодам земной истории, предшествовавшим образованию земной коры—к космическим периодам—и считали, что в это время при образовании из туманности ее расплав-

ленной массы, ближе к центру, скопились более тяжелые химические элементы.

Во всех этих представлениях состав земной коры связывался с геологическими явлениями. Элементы участвовали в них своими химическими свойствами, когда они могли давать химические соединения, своим атомным весом при высокой температуре, когда все соединения представлялись неустойчивыми.

6. Несомненно, что сейчас выясняются в химическом составе земной коры законности, которые в корне противоречат этим объяснениям.

И в то же время общая картина химического строения всех других небесных светил открывает перед нами такие их сложность, своеобразие и закономерность, которые раньше не могли даже подозреваться.

В составе нашей планеты—и земной коры в частности—открываются указания на явления, далеко выходящие за ее пределы. Мы не можем их понять, если не отойдем от области земных, даже планетных явлений, не обратимся к строению всей космической материи, к ее атомам, к их изменению в космических процессах. В этой области быстро накапливаются разнообразные указания, едва охваченные теоретической мыслью. Их значение только начинает сознаваться. Они не всегда могут быть ясно и определенно формулированы, и выводы из них обычно не делаются.

Но огромное значение этих явлений не должно быть забываемо. Эти новые факты должны теперь же учитываться в их неожиданных следствиях. Три области явлений могут быть уже теперь отмечены: 1) особое положение элементов земной коры в периодической системе, 2) их сложность и 3) неравномерность их распространения.

Так в массе земной коры резко преобладают химические элементы, отвечающие четным атомным числам (О д д о. 1914). Объяснить это явление геологическими причинами, известными нам, мы не можем. К тому же немедленно выяснилось, что то же самое явление выражено еще более резко для единственных чуждых земле космических тел, доступных непосредственному научному изучению—для метеоритов (Г а р к и н с. 1917).

Область других фактов является может быть еще более непонятной. Попытки объяснить их геологическими причинами (Д. Томсон. 1921) противоречат известным в этой области явлениям. Нам непонятна неизменная сложность земных химических элементов, определенные постоянные соотношения между количеством изотопов, в них входящих. И здесь изучение изотопов в химических элементах метеоритов указало на тождественность смесей в этих явно различных по своей истории и по положению в космосе тел.

Явной стала и невозможность объяснить определенный состав земной коры—и нашей планеты—различным атомным весом элементов, в нее входящих. Не геологические, а какие-то другие причины должны объяснять различие состава земной коры и земного ядра; не может быть случайным выявляющееся сходство между составом метеоритов и более глубоких слоев нашей планеты. Причина преобладания относительно легких элементов, но в том числе и довольно тяжелого железа, в земной коре должна искаться не в геологических или геохимических явлениях, не в земной только истории.

Она лежит глубже—она связана с историей космоса, может быть с строением химических элементов.

Новое неожиданное подтверждение этого вывода получается сейчас в выясняющемся сходстве состава наружных частей земли (т.-е. земной коры), солнца и звезд. Еще в 1914 г. Рессель указал на сходство состава земной коры с составом солнца (т.-е. наружных его слоев, которые мы изучаем). Еще резче эти соотношения выступают в новых работах над спектрами звезд. Так, работы Ц. Пайн (1925) дают следующий ход—в порядке убывания—распространенности химических элементов: Si—Na—Mg—Al—C—Ca—Fe ($>1\%$—первая декада); Zn—Ti—Mn—Cr—K (0.1—1%—вторая декада).

Эти работы—первые достижения в новой и большой области явлений. Несомненно, они еще требуют подтверждения и проверки, но мы не можем сейчас закрывать глаза и не считаться с тем, что первые полученные результаты резко подчеркивают сходство состава наружных оболочек небесных тел—земли, солнца, звезд.

Наружные части небесных светил связаны непосредственно с космической средой; они находятся путем излучений во взаимодействии друг с другом.

Иную картину являют, повидимому, более глубокие части тел мироздания. Метеориты и внутренние массы земли резко отличны по составу от известных нам наружных оболочек.

7. Так резко меняется наше представление о составе нашей планеты и в частности о составе земной коры и ее наружной оболочки—биосферы.

Мы начинаем видеть в ней не единичное планетное или земное явление, а проявление строения атомов и их положения в космосе, их изменения в космической истории.

Если даже мы не умеем объяснить эти явления—мы вышли на верный путь искания, пришли в новую, иную область явлений, чем та, с которой так долго пытались связать химию земли.

Мы знаем, где надо искать решения стоящей перед нами задачи и где искать ее безнадежно. Наше понимание наблюдаемого изменяется коренным образом.

В верхней поверхностной пленке нашей планеты, в биосфере, мы должны искать отражения не только случайных единичных геологических явлений, но проявления строения космоса, связанного со строением и историей химических атомов.

Биосфера не может быть понята в явлениях, на ней происходящих, если будет упущена эта ее резко выступающая связь с строением всего космического механизма.

И эту связь мы можем установить в бесчисленных нам известных других фактах ее истории.

8. **Биосфера, как область превращений космической энергии.** По существу, биосфера может быть рассматриваема, как область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космические излучения в действенную земную энергию—электрическую, химическую, механическую, тепловую и т. д.

Космические излучения, идущие от всех небесных тел, охватывают биосферу, проникают всю ее и все в ней.

Мы улавливаем и сознаем их ничтожную часть и среди них мы изучали почти исключительно излучения солнца.

Но мы знаем, что существуют и падают на биосферу волны иных путей, идущие от отдаленнейших частей космоса. Так, звезды и туманности непрерывно шлют на нашу планету световые излучения. Может быть из Млечного Пути

(Нернст) происходят загадочные проникающие радиации, столь яркие в высоких слоях нашей атмосферы.

Их учет и их понимание дело будущего. Но несомненно, не они, а лучи солнца обусловливают главные черты механизма биосферы. Изучение отражения на земных процессах солнечных излучений уже достаточно для получения первого—но точного и глубокого—представления о биосфере, как о земном и о космическом механизме. Солнцем в корне переработан и изменен лик земли, пронизана и охвачена биосфера. В значительной мере биосфера является проявлением его излучений; она составляет планетный механизм, превращающий их в новые разнообразные формы земной свободной энергии, той энергии, которая в корне меняет историю и судьбу нашей планеты.

Для нас уже ясно огромное значение в биосфере коротких ультрафиолетовых волн солнечной радиации, длинных красных тепловых, и промежуточных лучей видимого светового спектра. В строении биосферы мы уже сейчас можем выделить ее части, играющие роль трансформаторов для этих трех различных систем солнечных колебаний.

Медленно и с трудом выявляется нашему уму механизм превращения солнечной энергии в биосфере в земные силы. Мы привыкли видеть другие черты в отвечающих ему явлениях; он скрыт для нас в бесконечном разнообразии красок, форм, движений природы—мы сами составляем его часть нашей жизнью. Века и тысячелетия прошли, пока человеческая мысль могла отметить черты единого связного механизма в кажущейся хаотической картине природы.

9. Превращение трех систем солнечных излияний в земную энергию происходит отчасти в одних и тех же участках биосферы, но местами в ней выделяются области, в которых резко преобладают превращения одного какого-нибудь рода. Природные тела—носители превращений—всегда резко различны для ультрафиолетовых, световых и тепловых солнечных волн.

Короткие ультрафиолетовые излучения в известной части своей целиком, в других в значительной мере задерживаются в верхних разреженных частях газовой земной оболочки—в стратосфере и может быть в еще более высокой и более бедной атомами „свободной атмосфере".

Это „задерживание", „поглощение" связано с трансформацией лучевой энергии коротких волн. В этих областях, под влиянием ультрафиолетовых излучений, наблюдаются изменения электромагнитных полей, распадения молекул, разнообразные явления ионизации, новообразования газовых молекул—новых химических соединений. Лучистая энергия частию превращается в разные формы электрических и магнитных проявлений, частию в связанные с ней молекулярные, атомные и своеобразные химические процессы разреженных газообразных состояний вещества.

Нашему взору эти области и эти тела являются в форме северных сияний, зарниц, зодиакального света, свечения небесного свода, который становится заметным лишь в темные ночи, но все же составляет значительную часть освещения ночного неба, в форме светящихся облаков и других разнообразных отражений стратосферы и внешних пределов планеты в картине нашего земного мира. Нашим инструментам этот таинственный мир явлений раскрывается в электрических, магнитных, радиоактивных, химических, спектроскопических отражениях в его непрерывном движении и в превышающем мысль разнообразии.

Эти явления не являются следствием изменения земной средой одних ультрафиолетовых лучей солнца. Мы должны считаться здесь со сложным процессом. Здесь „задерживаются", т.-е. превращаются в новые явления—уже земные—все формы лучистой энергии солнца за пределами тех $4^1/_2$ ее октав, которые попадают в биосферу (§ 2). За эти пределы едва-ли заходят и те мощные потоки частиц—электронов, которые непрерывно исходят из солнца, или те материальные части—космическая пыль и газовые тела,—столь же непрерывно захватываемые земным притяжением и несущие земле новые источники энергии.

Мало-по-малу входит в общее сознание значение этих явлений в истории нашей планеты. Так, несомненной стала связь их с другой формой превращения космической энергии, с областью живого вещества. Короткие световые волны—короче 180—200 $\mu\mu$—разрушают все живые организмы. Задерживая их нацело, стратосфера охраняет от них нижние слои земной поверхности—область жизни.

Чрезвычайно характерно, что главное поглощение этих лучей связано с озоном (озоновый экран—§110), образование

которого обусловлено существованием свободного кислорода—продукта жизни.

10. Если значение превращения ультрафиолетовых лучей только начинает сознаваться, роль солнечной теплоты—главным образом инфракрасных излучений — была понята давно. Она обращает на себя главное внимание при изучении влияния солнца на геологические и даже геохимические процессы. Ясна и бесспорна роль лучистой солнечной теплоты и для существования жизни. Несомненно и превращение тепловой лучистой энергии солнца в энергию механическую, молекулярную (испарение и т. п.), химическую.

Проявления таких превращений наблюдаются нами на каждом шагу и не требуют разъяснений; мы видим их в жизни организмов, в движении и в деятельности ветров или морских течений, в морской волне и в морском прибое, в разрушении скал и в деятельности ледников, в движении и в образовании рек и в колоссальной работе снежных и дождевых осадков...

Обычно менее сознается собирающая и распределяющая тепло роль жидких и газовых частей биосферы—переработка ею этим путем лучистой тепловой энергии солнца. Атмосфера, океан, озера и реки, дождевые и снеговые осадки являются тем аппаратом, который производит эту работу. Мировой океан, благодаря совершенно особым, исключительным среди всех соединений, тепловым свойствам воды, может быть связанным с характером ее молекул, является регулятором тепла, огромная роль которого на каждом шагу сказывается в бесчисленных явлениях погоды и климата и в связанных с ними процессах жизни и выветривания. Быстро нагреваясь, благодаря своей большой теплоемкости, океан медленно отдает собранное тепло, благодаря характеру своей теплопроводности. Он превращает поглощенную лучистую теплоту в молекулярную энергию при испарении, в химическую через проникающее его живое вещество, в механическую в своих морских течениях и прибое. Того-же направления и, пожалуй, сравнимого масштаба термическая роль рек, осадков, воздушных масс и их нагреваний и охлаждений.

11. Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи солнца влияют на химические процессы биосферы только косвенным путем. Не они являются главным источником их энергии. Химическая энергия биосферы—в ее действенной форме—выявляется

из лучистой энергии солнца совокупностью живых организмов земли—ее живым веществом. Создавая фотосинтезом—солнечным лучем—бесконечное число новых в биосфере химических соединений—многие миллионы различных комбинаций атомов,—оно, непрерывно, с уму непостижимой быстротой покрывает ее мощной толщей молекулярных систем, чрезвычайно легко дающих новые соединения, богатые свободной энергией в термодинамическом поле биосферы, в нем неустойчивые и неуклонно переходящие в новые формы устойчивого равновесия.

Эта форма трансформаторов является совершенно особым механизмом по сравнению с телами земли, в которых идет превращение в новые формы энергии коротких и длинных волн солнечной радиации. Мы объясняем превращение ультрафиолетовых лучей их воздействием на материю, на ее, независимым от них путем полученные, атомные системы; превращения же тепловых излучений связываем с созданными помимо их непосредственного влияния молекулярными строениями. Но фотосинтез, как он наблюдается в биосфере, связан с особыми чрезвычайно сложными механизмами, создаваемыми им самим при условии одновременного проявления и превращения в окружающей среде ультрафиолетовых и закрасных радиаций солнца.

Создаваемые этим путем механизмы превращения энергии—живые организмы—представляют совершенно особого рода образования, резко отличные от всех атомных, ионных или молекулярных систем, которые строют материю земной коры вне биосферы и часть вещества биосферы.

Живые организмы составлены из структур того же рода, правда более сложных, как и те, которые строют косную материю. Однако по производимым ими изменениям в химических процессах биосферы они не могут быть рассматриваемы, как простые совокупности этих структур. Энергетический их характер, как он проявляется в их размножении, с геохимической точки зрения не сравним с инертными структурами, строющими и косную, и живую материю.

Механизм химического действия живого вещества нам неизвестен. Повидимому, однако, начинает выясняться, что с точки зрения энергетических явлений, в живом веществе фотосинтез происходит не только в особой химической среде,

но и в особом термодинамическом поле, отличном от термодинамического поля биосферы. После умирания организма соединения, устойчивые в термодинамическом поле живого вещества, попадая в термодинамическое поле биосферы, оказываются в нем неустойчивыми и являются в нем источником свободной энергии.

12. Эмпирическое обобщение и гипотеза. Повидимому, такое понимание энергетических явлений жизни, поскольку оно выражается в геохимических процессах, правильно выражает наблюдаемые факты. Но утверждать это мы не можем, так как здесь мы встречаемся с своеобразным состоянием наших знаний в области биологических наук по сравнению с науками о косном веществе.

Мы уже видели, что и в последних оказалось необходимым оставить в стороне наши представления о биосфере и о составе земной коры, в течение долгих поколений казавшиеся правильными, отбросить долго царившие объяснения чисто геологического характера (§ 6). То, что казалось логически и научно неизбежным — в конце концов оказалось иллюзией, и явление выявляется нам в таких формах, которые никем не ожидались.

Положение в области изучения жизни еще более трудное, т. к. едва ли есть область естествознания, которая бы в самых основных своих понятиях была так проникнута чуждыми по своему генезису науке философскими и религиозными построениями. В наших представлениях о живом организме на каждом шагу чрезвычайно сказываются философские и религиозные искания и достижения. В течение веков на все суждения даже точных натуралистов в этой области накладывались эти часто чуждые науке по своей сущности, но не менее драгоценные и глубокие охваты космоса человеческим сознанием. И они привели к огромной трудности сохранить в этой области явлений одинаковый с другими научный подход к их изучению.

13. Отражением таких философских и религиозных идей, а не выводом из научных фактов, являются и оба господствующих представления о жизни: виталистическое и механистическое.

Оба оказывают в изучении явлений жизни тормозящее влияние, запутывают эмпирические обобщения.

Первые вносят в явления жизни такие объяснения, которые стоят вне того мира моделей, в форме которых мы построяем в научных обобщениях космос. Вследствие такого характера этих представлений они в научной области лишены творческого значения, являются бесплодными. Не менее гибельны представления механистического характера, видящие в живых организмах одну игру физико-химических сил. Они ограничивают область научного искания и заранее предрешают его результат; вносят в научную область угадку, затемняют научное понимание. Конечно, если бы угадка была удачна — научная обработка быстро сгладила бы все шероховатости. Но угадка оказалась слишком тесно связанной с абстрактными философскими построениями, чуждыми научно изучаемой реальности, приводящими к чрезвычайно упрощенным представлениям о жизни, уничтожающим сознание сложности явлений. До сих пор — в течение столетий — эта угадка ни на шаг не подвинула понимание жизни.

Правильным является поэтому стремление, все более и более преобладающее в научных исканиях, оставить в стороне оба типа объяснений жизни, подходить к изучению ее явлений чисто эмпирически, считаться с невозможностью дать ей „объяснение", т. е. дать ей место в нашем абстрактном космосе, научно построенном из моделей—гипотез.

Сейчас к явлениям жизни можно подходить с залогом успеха только эмпирически, не считаясь с гипотезами. Только такой подход откроет в них новые черты, которые или расширят область физико-химических сил, нам до сих пор научно известных, или же введут новый принцип или аксиому в науку, новое недоказуемое и целиком невыводимое из известных аксиом и принципов понятие — на ряду с теми, которые строят наш научный мир материи и энергии. Тогда окажется возможным, внеся гипотезы, связать эти явления с нашими построениями космоса, подобно тому как открытие явлений радиоактивности связало с ними мир атомов.

14. Живой организм биосферы сейчас эмпирически должен изучаться, как особое, целиком не сводимое на известные физико-химические системы тело. Может ли он быть всецело на них сведен когда нибудь—наука сейчас решить не может. Несомненно это представляется возможным. Но в нашем эмпирическом изучении явлений природы мы не можем забы-

вать и другой возможности, того, что сама эта многими ставимая науке задача может оказаться столь же иллюзорной, какой оказалась проблема квадратуры круга. В области биологии мы не раз подходим к аналогичным сомнениям.

Еще более, чем в биологии, необходимо стоять на эмпирической почве — вне механистических и виталистических представлений—в науках геологических.

В одной из них—в геохимии—на каждом шагу приходится сталкиваться с явлениями жизни. Здесь организмы в виде своих совокупностей — живых веществ — являются одним из главных действующих факторов.

Живое вещество придает биосфере совершенно необычайный и для нас пока единственный в мироздании облик. Помимо нашей воли мы не можем не различать в ней два типа вещества—к о с н о е и ж и в о е,—влияющие друг на друга, но в некоторых основных чертах своей геологической истории, разделенные непроходимой пропастью. Никогда не возникает никаких сомнений в принадлежности этих двух разных типов вещества биосферы к разным необъединимым категориям явлений.

Их основное различие, в чем бы оно ни заключалось, есть не только эмпирический факт, но одно из важнейших эмпирических обобщений естествознания.

Значение этого обобщения и вообще значение эмпирических обобщений в науке часто упускается из виду и под влиянием рутины и философских построений эмпирические обобщения отождествляются с научными гипотезами.

Имея дело с явлениями жизни особенно необходимо избегать такой укоренившейся вредной привычки.

15. Между эмпирическими обобщениями и научными гипотезами существуют огромные различия, и точность их выводов далеко неодинакова.

В обоих случаях—и при эмпирических обобщениях, и при гипотезах — мы пользуемся дедукцией для вывода следствий, проверяемых путем изучения реальных явлений. В такой науке исторического характера, какой является геология, эта проверка производится научным наблюдением.

Но различие заключается в том, что эмпирическое обобщение опирается на факты, индуктивным путем собранные, не выходя за их пределы и не заботясь о согласии

или о несогласии полученного вывода с другими существующими представлениями о природе. В этом отношении эмпирическое обобщение не отличается от научно установленного факта: их совпадение с нашими научными представлениями о природе нас не интересует, их противоречие с ними составляет научное открытие.

В эмпирическом обобщении, хотя и выдвигаются на первое место некоторые определенные признаки явления, в общем всегда сказывается влияние и всех других, принятых во внимание при установке научного факта—всего явления целиком.

Эмпирическое обобщение может очень долго существовать, не поддаваясь никаким гипотетическим объяснениям, являться непонятным и все же оказывать огромное, благотворное влияние на понимание явлений природы.

Но затем часто наступает момент, когда оно вдруг начинает освещаться новым светом, становится областью создания гипотез, начинает менять наши схемы мироздания и само меняться. Очень часто тогда оказывается, что в эмпирическом обобщении мы имели не то, что думали, или в действительности имели много больше, чем думали.

Типичным примером такой истории эмпирического обобщения может служить одно из величайших эмпирических обобщений—периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева и то изменение, которое внесено в нее великим открытием Д. Мозли.

16. Совершенно иначе строится гипотеза или теоретическое построение. При гипотезе принимается во внимание какой нибудь один или несколько важных признаков явления и на основании только их построяется представление об явлении, без внимания к другим его сторонам. Научная гипотеза всегда выходит за пределы фактов, послуживших основой для ее построения, и потому — для необходимой прочности — она неизбежно должна связываться по возможности со всеми господствующими теоретическими построениями о природе, им не противоречить.

17. Таким образом эмпирическое обобщение, раз оно точно выведено из фактов, не требует проверки.

Оно может существовать и быть положено в основу научной работы, даже если оно является непонятным и противоречит господствующим теориям и представлениям.

Только такие эмпирические обобщения, основанные на всей совокупности известных фактов, а не гипотезы и теории, положены мною в основу дальнейшего изложения. Это следующие положения:

1) Никогда в течение всех геологических периодов не было и нет никаких следов абиогенеза (т. е. непосредственного создания живого организма из мертвой, косной материи).

2) Никогда в течение всего геологического времени не наблюдались азойные (т. е. лишенные жизни) геологические эпохи.

3) Отсюда следует, что, во-первых, современное живое вещество генетически связано с живым веществом всех прошлых геологических эпох, и что, во-вторых, в течение всего этого времени условия земной среды были доступны для его существования, т. е. непрерывно были близки к современным.

4) В течение всего этого геологического времени не было резкого изменения в какую-нибудь сторону в химическом влиянии живого вещества на окружающую его среду; все время на земной поверхности шли те же процессы выветривания, т. е. в общем наблюдался тот же средний химический состав живого вещества и земной коры, какой мы и ныне наблюдаем.

5) Из неизменности процессов выветривания вытекает и неизменность количества атомов, захваченных жизнью, т. е. не было больших изменений в количестве живого вещества [1]).

6) В чем бы явления жизни ни состояли, энергия, выделяемая организмами, есть в главной своей части, а, может быть, и целиком—лучистая энергия солнца. Через посредство организмов она регулирует химические проявления земной коры.

18. Из принятия в основу наших суждений этих эмпирических обобщений неизбежно вытекает положение, что ряд проблем, которые ставятся в науке—главным образом в философских ее обработках—исчезают из круга нашего рассмотрения, т. к. они не вытекают из эмпирических обобщений и не могут быть построены без гипотетических предположений. Так должны оставаться без рассмотрения вопросы о начале жизни на земле—если оно было; все космогонические представления

[1]) Есть только признаки небольших колебаний около некоторого среднего.

о прошлом безжизненном состоянии земли, о существовании абиогенеза в гипотетически построяемые космические периоды земной истории.

Эти вопросы — начало жизни, абиогенез, существование в истории земной коры безжизненных периодов—так тесно связаны с господствующими научно-философскими построениями, глубоко проникнутыми космогоническими гипотезами, что кажутся многим логически неизбежными.

Однако, изучение истории науки показывает, что эти вопросы вошли в науку извне, зародились вне ее—в религиозных или философских исканиях человечества. И это ясно может быть установлено при сравнении их с эмпирической, строющей науку областью точно установленных научных фактов.

Все нам известные точно установленные факты ни в чем не изменятся, если даже все эти проблемы получат отрицательное решение, т. е. если бы мы признали, что жизнь всегда была и не имела начала, что живое—живой организм—никогда и нигде не происходил из косной материи, и что в истории земли не было вообще геологических эпох, лишенных жизни.

Придется только вместо господствующих космогонических гипотез построить новые, применить к некоторым из оставленных научной мыслью в стороне философских или религиозных построений иную, чем теперь, математическую или научную обработку, как это и было сделано для других философских и религиозных созданий при выработке современных научных космогоний.

19. **Живое вещество в биосфере.** Биосфера—единственная область земной коры, занятая жизнью. Только в ней, в тонком наружном слое нашей планеты жизнь сосредоточена; в ней находятся все организмы, всегда резкой, непроходимой гранью отделенные от окружающей их косной материи.

Никогда живой организм в ней не зарождается. Он, умирая, живя и разрушаясь, отдает ей свои атомы и непрерывно берет их из нее—но охваченное жизнью живое вещество всегда имеет свое начало в живом же.

Жизнь захватывает значительную часть атомов составляющей земную поверхность материи. Под ее влиянием эти атомы находятся в непрерывном, интенсивном движении. Из них

все время создаются миллионы разнообразнейших соединений. И этот процесс длится без перерыва десятки миллионов лет, от древнейших археозойских эр до нашего времени, в основных чертах оставаясь неизменным.

На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом. И чем более мы изучаем химические явления биосферы, тем более мы убеждаемся, что на ней нет случаев, где бы они были независимы от жизни. И так длилось в течение всей геологической истории. Несомненны следы жизни в самых древних известных частях архейских слоев, и правы ученые (как Шухерт, 1924), выделяющие, на ряду с палеозоем, мезозоем, кайнозоем—археозой. К нему принадлежат самые древние, нам доступные и нам известные, части земной коры. Эти слои оказываются свидетелями древнейшей жизни, которая, несомненно, длится не менее—10^9 лет. За это время энергия солнца не могла заметно меняться—и это вполне совпадает с астрономическими возможностями (Ширлей, 1925).

20. И даже больше—становится ясным, что прекращение жизни было бы неизбежно связано с прекращением химических изменений, если не всей земной коры, то во всяком случае ее поверхности—лика земли, биосферы. Все минералы верхних частей земной коры—свободные алюмокремневые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни. Если бы жизнь прекратилась—их элементы быстро приняли бы новые химические группировки, отвечающие новым условиям, старые нам известные тела безвозвратно исчезли бы. С исчезновением жизни не оказалось бы на земной поверхности силы, которая могла бы давать непрерывно начало новым химическим соединениям.

На ней неизбежно установилось бы химическое равновесие, химическое спокойствие, которое временами и местами нарушалось бы привносом веществ из земных глубин: газовыми струями, термами или вулканическими извержениями. Но вновь вносимые этим путем вещества более или менее быстро приняли бы устойчивые формы молекулярных систем,

свойственные условиям безжизненной земной коры и дальше не изменялись бы.

Хотя число точек, откуда проникает вещество глубоких частей земной коры, исчисляется тысячами—рассеянные по всей поверхности планеты они теряются в ее огромности; повторяясь временами, как, напр., вулканические извержения, они незаметны в безмерности земного времени.

С исчезновением жизни на земной поверхности шли бы лишь медленные, от нас скрытые изменения, связанные с земной тектоникой. Они проявлялись бы не в наши года и столетия, а в года и столетия геологического времени. Только тогда в космическом цикле они стали бы заметны—подобно тому, как только в нем выступают радиоактивные изменения атомных систем.

Постоянно действующие силы биосферы — нагревание солнца и химическая деятельность воды—мало изменили бы картину явления, ибо с прекращением жизни скоро исчез бы свободный кислород и уменьшилось бы до чрезвычайности количество углекислоты, исчезли бы главные деятели процессов выветривания, постоянно захватываемые косной материей и постоянно восстанавливаемые в том же неизменном количестве процессами жизни. Вода в термодинамических условиях биосферы является могучим химическим деятелем,—но эта вода „природная", так называемая,—вадозная (§ 84)—богатая химически активными центрами жизни—организмами, гл. обр. невидимыми глазу, измененная растворенными в ней кислородом и углекислотой. Вода, лишенная жизни, кислорода, углекислоты, при температуре и давлении земной поверхности—в инертной газовой среде—явится телом химически мало деятельным, безразличным.

Лик земли стал бы также неизменен и химически инертен, как является неподвижным лик луны, как инертны осколки небесных светил, захватываемые притяжением земли, богатые металлами метеориты и проникающая небесные пространства космическая пыль.

21. Так жизнь является великим, постоянным и непрерывным нарушителем химической косности поверхности нашей планеты.

Ею в действительности определяется не только картина окружающей нас природы, создаваемая красками, формами,

сообществами растительных и животных организмов, трудом и творчеством культурного человечества—но ее влияние идет глубже, проникает более грандиозные химические процессы земной коры.

Нет ни одного крупного химического равновесия в земной коре, в котором не проявлялось бы основным образом влияние жизни, накладывающей неизгладимую печать на всю химию земной коры.

Жизнь является, таким образом, не внешним, случайным явлением на земной поверхности. Она теснейшим образом связана со строением земной коры, входит в ее механизм и в этом механизме исполняет величайшей важности функции, без которых он не мог бы существовать.

22. Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе, как об едином целом в механизме биосферы, хотя только часть его—зеленая, содержащая хлорофилл, растительность—непосредственно использует световой солнечный луч, создает через него фотосинтезом химические соединения, неустойчивые в термодинамическом поле биосферы при умирании организма или при выходе из него.

С этой зеленой частью непосредственно и неразрывно связан весь остальной живой мир. Дальнейшую переработку созданных ею химических соединений представляет все вещество животных и бесхлорофильных растений. Может быть только автотрофные бактерии не являются придатком зеленой растительности, но и они генетически, так или иначе, с ней в своем прошлом связаны (§ 95).

Можно рассматривать всю эту часть живой природы, как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию земли. Животные и грибы скопляют такие формы богатых азотом тел, которые являются еще более могучими агентами изменения, центрами свободной химической энергии, когда они—при смерти и разрушении организмов или при выходе из них—выходят из их термодинамического поля, где они устойчивы, и попадают в биосферу, в иное термодинамическое поле, где они распадаются с выделением энергии.

Можно, следовательно, брать все живое вещество в целом, т. е. совокупность всех живых организмов без исключения (§ 154), как единую, особую область накопления свободной

химической энергии в биосфере, превращения в нее световых излучений солнца.

23. Изучение морфологии и ойкологии зеленых организмов давно указало, что весь зеленый организм и в своих сообществах и в своем движении приспособлен прежде всего к исполнению своей космической функции—к улавливанию и к превращению солнечного луча. Как давно заметил один из крупных натуралистов, глубоко вдумавшийся в эти явления австрийский ботаник Висснер—свет влияет на форму зеленых растений много больше, чем теплота—он „как будто лепит их формы, как из пластического материала".

Одно и то же огромной важности эмпирическое обобщение изложено здесь с разных противоположных точек зрения, решить между которыми мы сейчас не в состоянии. С одной стороны, ищут причину явления внутри, в автономном живом организме, который приспособляется к тому, чтобы улавливать всю световую энергию солнечного луча, с другой стороны, ищут причину извне от организма, в солнечном луче, который обрабатывает, как инертную массу, зеленый организм, который он освещает.

Очень возможно, что правильным является искать причину явления в обоих объектах—но это дело будущего. Сейчас мы должны считаться с самим эмпирическим наблюдением, которое дает, мне кажется, много более, чем это выражено в приведенных представлениях.

Эмпирическое наблюдение указывает нам, что в биосфере видна неразрывная связь между освещающим ее световым солнечным излучением и находящимся в ней зеленым живым миром организованных существ. Всегда, когда нет препятствующей этому причины, т. е. какой-нибудь силы, световой солнечный луч встречает в биосфере на своем пути зеленое растение—освещает трансформатор принесенной им энергии.

Можно утверждать, что такое превращение энергии нормально будет происходить с каждым солнечным лучем, и можно рассматривать это превращение энергии, как свойство живого вещества, как его функцию в биосфере.

В тех случаях, когда такой трансформации не происходит, и зеленое растение не может исполнять присущей ему

в механизме земной коры функции, надо искать объяснения ненормальности явления.

Основным выводом наблюдения является чрезвычайная автоматичность процесса: нарушение его восстанавливается без всякого участия других объектов, кроме светового солнечного луча и определенным образом построенного и определенным образом живущего зеленого растения. Это восстановление равновесия не произойдет только в том случае, если силы, этому препятствующие, достаточно велики. Восстановление равновесия связано с временем.

24. Наблюдение окружающей природы на каждом шагу дает нам указания на существование в биосфере этого механизма. Размышление легко приводит к сознанию его величия и значения.

В общем вся суша покрыта зеленой растительностью. Обнаженные от зеленой жизни места составляют исключения и теряются в общей картине. В лике земли, при взгляде из космических пространств, суша должна представляться зеленой.

Так же как непрерывно падает на лик земли ток солнечного света—так же непрерывно растекается по всей поверхности земли—суши и моря—зеленый аппарат его улавливания и его превращения.

Живое вещество — совокупность организмов — подобно массе газа растекается по земной поверхности—оказывает определенное давление в окружающей среде, обходит препятствия, мешающие его передвижению, или ими овладевает, их покрывает.

С течением времени оно неизбежно покрывает весь земной шар своим покровом и только временно может отсутствовать на нем,—когда его движение—его охват—разрушен и сдерживается внешнею силою. Эта неизбежность его всюдности связана с непрерывным освещением лика земли солнечным излучением, созданием которого является зеленый окружающий нас живой мир.

Это движение достигается путем размножения организмов, т. е. автоматического увеличения количества их неделимых. Оно в общем, никогда не прерываясь, идет с определенным темпом во времени, как с определенным темпом падает на лик земли солнечный луч.

Изменчивость жизни чрезвычайная—а между тем несомненно в среднем, в комплексах организмов—в живом веществе—да и в отдельных организмах—размножение, рост, т. е. работа превращения ими энергии солнечной в земную, химическую—все подчиняется неизменным математическим законностям. Все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с той же механичностью—и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии.

25. **Размножение организмов и геохимическая энергия живого вещества.** Растекание размножением в биосфере зеленого живого вещества является одним из характернейших и важнейших проявлений механизма земной коры. Оно обще всем живым веществам, лишенным хлорофилла или им обладающим, оно является характернейшим и важнейшим выявлением в биосфере всей жизни, коренным отличием живого от мертвого, формой охвата энергией жизни всего пространства биосферы. Оно выражается нам в окружающей природе во всюдности жизни, в захвате ею—если этому не препятствуют непреодолимые препятствия,—всякого свободного пространства биосферы. Область жизни—вся поверхность планеты. Если какая нибудь часть ее оказалась безжизненной—в короткий или медленный срок она неизбежно будет захвачена живыми организмами. Мера геологического времени в истории планеты небольшой промежуток, и мы видим, как в это время вырабатываются организмы, приспособленные к жизни в условиях, которые раньше делали ее невозможной. Область жизни, повидимому, расширяется в геологическом времени (§ 115,107); и во всяком случае, несомненно, что она всегда охватывает или стремится охватить до конца все доступное ей пространство—на протяжении, вероятно, всей геологической истории.

Ясно, что это не есть простое следствие одной какой нибудь чуждой живому силы, каким является растекание или расползание случайных предметов кучи тел под влиянием тяготения, притяжения других больших масс.

Растекание жизни—движение, выражающееся во всюдности жизни, есть проявление *ее* внутренней энергии,—производимой *ею* химической работы. Оно подобно расте-

канию газа, которое не есть следствие тяготения, но есть проявление отдельных движений частиц,—совокупность которых газ представляет—их энергии. Так и растекание по поверхности планеты живого вещества есть проявление его энергии, неизбежного движения, занятия нового места в биосфере новыми созданными размножением организмами. Оно есть проявление прежде всего автономной энергии жизни в биосфере. Эта энергия проявляется в работе, производимой жизнью—в переносе химических элементов и в создании из них новых тел. Я буду называть ее геохимической энергией жизни в биосфере.

26. Это движение живых организмов путем размножения, совершающееся с удивительной и неизменной математической правильностью, идет в биосфере непрерывно и является характернейшей и важнейшей по своим эффектам чертой ее механизма. Оно идет на земной поверхности—на суше, оно проникает все водоемы, в том числе гидросферу, оно видно на каждом шагу в тропосфере; в форме паразитов оно охватывает другое живое, имеет место внутри самих живых веществ.

Неуклонно и неизменно оно длится без перерыва и без замедления мириады лет—все время совершая огромную геохимическую работу, являясь формой проникновения энергии солнечного луча в нашу планету и ее распределения по земной поверхности.

Мы должны видеть в нем не только перенос материальных тел, но и передачу энергии. В связи с этим и перенос материальных тел размножением есть процесс особенный.

Это не есть простое механическое передвижение тел по земной поверхности, независимых, не связанных с той средой, в которой они двигаются. Среда, в которой они движутся, не только обуславливает своим сопротивлением трение, как это имеет место в движении тел под влиянием тяготения. В этом движении связь с средой глубже—оно может итти только под влиянием газового обмена движущихся тел и той среды, в которой происходит движение. Оно тем быстрее, чем газовый обмен сильнее—оно замирает, когда газовый обмен не может иметь место. Газовый обмен—это дыхание организмов; оно, как мы увидим, глубоко меняет, направляет размножение. В движении размножением мы видим проявле-

ние его геохимического значения, выражение его, как части механизма биосферы, подобно тому, как само это движение является отражением солнечного луча. Проявлением энергии того же луча является и само дыхание—газовый обмен жизни с окружающей средой.

27. Хотя это движение идет кругом нас непрерывно, мы его не замечаем, так как мы нашим взором охватываем только общий его результат—ту красоту, разнообразие форм и красок, движений и соотношений, которые нам дает живая природа. Мы видим лишь поля и леса с их растительной и животной жизнью, полные жизни водоемы и моря, пронизанную ею, только кажущуюся мертвой, почву. Мы видим статический результат, динамическое равновесие этих движений; редко когда можем наблюдать их самих.

Остановимся на нескольких примерах, в которых вскроется это созидающее живую природу нам невидное, но для живой природы основное своеобразное движение.

Временами на небольших относительно пространствах мы видим прекращение высшей растительной жизни. Лесной пожар, степные палы, взрыхленные, распаханные, запущенные поля, вновь образованные острова, застывшие потоки лавы, покрытые вулканическим пеплом пространства суши, освободившиеся от ледникового или от водных бассейнов ее пространства, новые почвы, образовавшиеся на безжизненных скалах лишайниками и мхами—эти и другие формы бесконечных проявлений жизни на нашей планете — на некоторое время образуют лишенные трав и деревьев пятна на зеленом покрове суши. Они образуют их на короткое время. Жизнь быстро входит в свои права. И зеленые травы, а затем и древесная растительность занимают утерянные или новые места. Отчасти они занимают их проникновением извне, приносом семян подвижными организмами, или еще больше ветром, отчасти возникают от всюду в почве находящихся их запасов, лежащих в ней в латентном состоянии и сохраняющихся в этой форме иногда, по крайней мере, столетия.

Но это проникновение семян извне есть необходимое условие заселения, но не оно его производит. Заселение идет размножением проникших, зависит от свойственной их размножению геохимической энергии; оно идет годами, пока не будет восстановлено нарушенное равновесие. Как мы увидим,

это находится в полном соответствии со скоростью передачи в биосфере жизни, передачи геохимической энергии этих живых веществ—высших зеленых растений.

В этом случае, следя внимательно за заселением пустых пространств, человек может видеть то движение растекания жизни, о котором я говорю, реально ощущать ее давление; вдумываясь в него, он может созерцать движение на нашей планете солнечной энергии, превращенной в земную-химическую.

Он его ощущает и в тех случаях, когда ему приходится защищать от чуждого заселения нужные ему поля или пустые пространства, тратить на преодоление давления жизни свою энергию.

Он видит его и тогда, когда всматривается в окружающую его природу, в глухую, молчаливую, беспощадную борьбу за существование, которую ведут кругом него зеленые растения. Он видит и ощущает действительно, как надвигается лес на степь или как лишайниковая тундра в своем движении его угашает.

28. Членистоногие насекомые,—клещи, пауки составляют главную массу живого животного вещества суши. В тропических и подтропических странах среди них преобладающую роль играют Orthoptera—муравьи, термиты. Размножение их идет своеобразным путем. Хотя геохимическая энергия, ему отвечающая (§ 37), и того же порядка, как для высших зеленых растений—она все же несколько меньше.

В государствах термитов дает потомство — производит непосредственно размножение—один организм из десятков тысяч, иногда сотен тысяч бесполых неделимых. Это царица—мать. Она кладет яички непрерывно весь свой век—иногда десять и больше лет. Количество яичек—новых особей—которое она может дать, исчисляется биллионами. В год она дает сотни тысяч. Указываются случаи, когда она дает 60 яичек в минуту, т.-е. 86400 в сутки—так же правильно, как в часовых механизмах отбиваются секунды, суточное количество которых равно тем же 86400.

Размножение идет роями. Часть потомства с новой царицей маткой улетает и захватывает новое пространство, вне ареала, необходимого для жизни первого, исходного государства. Всюду действует с математической точностью

инстинкт—и в сохранении яичек, немедленно уносимых рабочими термитами, и в отлете роев, и в замене—в случае неожиданных случайностей—старой матки новой. Всюду действует с той же точностью и число. Все подвержено мере, числовой законности: число яичек, число годовых роев, в них неделимых, число населения государств, размеры и вес организмов, темп размножения и вызванного им переноса геохимической энергии термитов по земной поверхности.

Мы можем точно выразить числом напряжение движения термитов по земной поверхности, благодаря их размножению, зная годовое количество роев, число в них особей, их размеры, количество яичек, отлагаемых в год царицей; мы можем обнять числом отвечающее этому движению его отражение в окружающей среде, его давление.

Давление это очень велико. Человек, живущий в области их обитания, знает это по той работе, которую он должен производить, чтобы защитить от них продукты своего существования, своего питания.

Если бы не было препятствий во внешней среде, главным образом, в окружающей термитов жизни, в немногие года они могли бы захватить и покрыть своими государствами всю поверхность биосферы—$5.10065.10^8$ квадратных километров.

29. Среди организмов б а к т е р и и занимают особое место. Это организованные тела мельчайших известных размеров: линейные размеры их измеряются 10^{-4} и даже 10^{-5} сантиметрами. В то же самое время это организмы с наибольшей силой размножения. Они размножаются дроблением. Каждая клетка многократно удваивается в сутки. Наиболее быстро размножающаяся бактерия производит эту работу 63—64 раза в сутки, в среднем каждые 23—22 минуты, с такой же правильностью, как откладывает яички самка термитов или обращается около солнца планета, на которой она живет.

Бактерии живут в жидкой среде. Главные их массы наблюдаются в гидросфере; значительные количества сосредоточены в почве, проникают другие организмы.

Если бы не было препятствий во внешней среде, они могли бы создать с непостижимой для нас быстротой невероятные количества сложнейших химических соединений, являющихся вместилищем огромной химической энергии.

Этой огромной энергии отвечает огромная быстрота их размножения. Этим путем в течение полутора и менее суток бактерии могли бы покрыть тонким однослойным покровом поверхность земного шара, которую размножением зеленые травы или насекомые одолели бы в течение ряда лет, в отдельных случаях сотен дней.

В морской среде находятся бактерии почти шаровой формы, объем которых по Фишеру достигает одного кубического микрона, т. е. 10^{-12} кубического сантиметра. В одном кубическом сантиметре может заключаться 10^{12} неделимых, и при быстроте их размножения—в сутки около 63 делений каждой клетки—кубический сантиметр может быть ими заполнен в течение нескольких—11—13 часов, если в него попадет одна такая бактерия.

Процесс деления неизбежно происходит с этим темпом, если бактерия живет в условиях жизни этому благоприятных, прежде всего, если температура среды это дозволяет. Если температура падает, быстрота чередования поколений уменьшается, и это изменение может быть выражено в точной числовой формуле. Все время бактерия дышет, т. е. находится в тесной связи с растворенными в воде газами. Ясно, что количество бактерий путем размножения никогда не может достигнуть в кубическом сантиметре той величины, которая определяет в нем количество газовых молекул, т.-е. 2.706×10^{19}. Газовых молекул в кубическом сантиметре, заполненном водой, будет во много раз меньше. Мы видим здесь предел размножению, ставящийся явлениями дыхания, свойствами газообразного состояния материи.

30. Пример бактерий позволяет выразить движение, наблюдаемое в биосфере благодаря размножению, в другой форме, чем мы это делали до сих пор.

Представим себе период в истории земли, который гипотетически неправильно, как увидим, допускают геологи, время, когда океан покрывал не три четверти земной поверхности, а всю планету. Э. Зюсс относил это „вселенское море“—Παυθάλασσα—в археозойскую эру. Бактерии в это время несомненно его населяли. Их следы известны в слоях древнейшего палеозоя. Характер минералов археозойских слоев и особенно характер их ассоциаций с неменьшей несомненностью доказывает нахождение бактерий во всем археозое—

в самых древнейших доступных геологическому изучению пластах нашей планеты. Если бы в этом вселенском море температура была бы благоприятна для их жизни и если бы в нем не было препятствий их размножению, шаровая бактерия, в 10^{-12} кубических сантиметра объемом, в 1.47 суток—меньше чем в полтора суток—образовала бы в этом море сплошную пленку в $5.10065.10^{8}$ кв. кил. В большом размере произошло бы то же самое, что представляет сейчас, если верны указания М. Егунова, тонкая пленка серных бактерий для Черного моря, на границе кислородной поверхности, площадь которой является равной площади Черного моря. И та, и другая пленка образуется, очевидно, с определенной скоростью, которую мы можем вычислить, исходя из наибольшего расстояния, пройденного живым веществом бактерии при заполнении площади вселенского моря, и числа суток этого заполнения. Таким наибольшим расстоянием является длина земного экватора, равная 40.075.721 километров. Это расстояние проходится энергией шаровой бактерии,—кокком в 10^{-12} куб. сант. объема—со скоростью, близкой к 33100 сант./сек.

Это явление может быть выражено в иной форме. Скорость v, равная 33100 cm/sec, может быть рассматриваема, как скорость передачи жизни, геохимической энергии, вокруг земного шара; она равна средней скорости вращения вокруг него бактерии путем размножения. В 1.45 суток бактерия размножением обтекает земной шар, совершает вокруг него в вселенском море полный оборот...

Скорость передачи жизни, по наибольшему расстоянию ей доступному—величина v—будет той характерной для каждого однородного живого вещества постоянной, которой мы будем пользоваться для выражения геохимической энергии жизни.

31. В основе этой величины, всегда отличной для всякого вида или расы, сказываются, с одной стороны, характер механизма размножения, а с другой стороны, те пределы возможному размножению, которые кладутся размерами и свойствами планеты.

Скорость передачи жизни не есть простое выражение свойств автономных организмов или их совокупностей—живых веществ; она выражает их размножение в соответствии с биосферой, как планетное явление. В ее выражение не-

избежно входят элементы планеты—величины ее поверхности и ее экватора. Мы имеем здесь аналогию с некоторыми другими свойствами организма, напр., с его весом. Вес организма на земле и того же организма на другой планете будет иной, хотя организм может при этом не измениться. Точно так же и скорость передачи его жизни, напр., на земле или на Юпитере, площадь и экватор которого иные, чем земли, будет иная, хотя бы сам организм оставался при этом неизменным.

Этот специфически-земной характер скорости передачи жизни вызывается тем ограничением, которое свойства и характер земли, как планеты, биосферы, как космического явления, вносят в проявление заложенного в организмах, как в автономных созданиях, механизма размножения.

32. Область явлений размножения мало обращала на себя внимание биологов. Но в ней—отчасти незаметно для самих натуралистов—установилось несколько эмпирических обобщений, которые отчасти кажутся нам сами по себе понятными, так мы с ними свыклись.

Среди этих обобщений необходимо отметить следующие. Во первых, размножение всех организмов выражается геометрическими прогрессиями. Можно выразить это в единообразной формуле:

$$2^{n\Delta} = N_n ,$$

где n—число дней с начала размножения, Δ — показатель прогрессии, который для одноклеточных организмов, размножающихся делением, соответствует числу поколений в сутки. N_n — число неделимых, существующих благодаря размножению через n дней.

Характерным для каждого живого вещества является Δ.

В этой формуле никаких пределов, никаких ограничений ни для n, ни для Δ, ни для N не заключается.

Процесс мыслится бесконечным, как бесконечной является прогрессия.

Эта бесконечность возможности проявления размножения организма сказывается в подчинении этого проявления в биосфере, — т. е. растекания живого вещества, — правилу инерции. Может считаться эмпирически установленным, что процесс размножения задерживается в своем

проявлении только внешними силами; он замирает при низкой температуре, прекращается или ослабляется при недостатке пищи или дыхания, при отсутствии места для обитания вновь создаваемых организмов. Уже в 1858 году Дарвин и Уоллес высказали эту мысль в форме, которая была давно ясна натуралистам, вдумывавшимся в эти явления, напр., Линнею, гр. Ж. Л. Бюффону, А. фон Гумбольдту, К. Эренбергу, К. М. фон Бэру: если не будет внешних препятствий, всякий организм, в разное, определенное для него время, может размножением покрыть весь земной шар, произвести по объему потомство, равное массе океана или земной коры.

Темп размножения, сказывающийся в таком эффекте, идет для каждого организма с различной быстротой в тесной зависимости от размеров организма. Мелкие организмы,—т.-е. организмы в то же время и более легкие,—размножаются гораздо быстрее, чем большие организмы (т.-е. организмы в то же время бóльшего веса).

33. В этих трех эмпирических положениях явления размножения организмов выражены вне времени и вне пространства или, вернее, в геометрических и механических бесформенных однородных времени и пространстве.

В действительности жизнь—в той форме, в какой мы ее изучаем—есть чисто земное—планетное явление, не отделимое от биосферы, созданное и приспособившееся к ее условиям.

Перенесенная в отвлеченное время и в отвлеченное пространство математики жизнь является фикцией, созданием нашего разума, отличным от реального явления.

В наши положения о ее свойствах мы должны, если мы хотим иметь точные, научные о ней представления, внести поправки в отвлеченные понятия времени и пространства; эти поправки могут в корне, как мы видим в данном случае, изменить наши выводы, в которых свойства земных времени и пространства не были предусмотрены.

34. На земле организмы живут в ограниченном пространстве, одинаковом по размерам для всех них. Они живут в пространстве определенного строения в газообразной или проникнутой газами жидкой среде. И хотя время нам представляется безграничным, но время какого-нибудь процесса в ограниченном пространстве, каким является раз-

множение организмов, не может являться безграничным. Оно тоже будет иметь предел, различный для каждого организма, в зависимости от характера его процесса размножения.

Неизбежным следствием этого положения является ограничение всех величин, определяющих явления размножения организмов в биосфере. Должны существовать наибольшие числа неделимых, которые могут дать разные живые вещества. Эти числа N_{max}—должны быть конечны и характерны для каждого вида или расы. Скорости передачи жизни должны заключаться в точных и определенных пределах, которые не могут быть никогда превзойдены. Наконец, величины Δ геометрических прогрессий размножения тоже имеют определенные пределы.

Эти пределы устанавливаются двумя проявлениями планеты—1) ее размерами и 2) физическим заполнением пространства, в котором течет жизнь, жидкостями и газами,—первым делом свойствами газов и характером газового обмена.

35. Остановимся на ограничении, вносимом размерами планеты.

Влияние этих размеров мы видим на каждом шагу. Небольшие водоемы очень часто покрыты сплошь на своей поверхности плавающей на них зеленой растительностью. В наших широтах это очень часто зеленые ряски—разные виды Lemna. Поверхность воды представляет сплошной зеленый их покров без промежутков. Растеньица тесно сдвинуты, их зеленые пластинки заходят друг на друга; процесс размножения действует, но он замедлен внешним препятствием—прежде всего отсутствием места. Он проявляется только тогда, когда в зеленом покрове вследствие внешних разнообразных причин—гибели рясок или их уноса—образуются пустые промежутки водной поверхности. Они немедленно замещаются размножением. Очевидно, количество неделимых ряски, могущих поместиться на данной площади, определенно и находится в зависимости от размеров и от условий их существования. Когда оно достигнуто, процесс размножения останавливается — задерживается внешним неодолимым препятствием. В каждом пруду создается своеобразное динамическое равновесие, очень аналогичное тому,

какое в нем наблюдается для испарения воды его поверхности. Упругость паров воды и упругость жизни механически аналогичны.

Другой всем известный пример представляет в картине природы жизнь зеленой водоросли—разных видов Protococcus, обладающей гораздо большей геохимической энергией, чем ряска. Она покрывает в благоприятных условиях сплошь без промежутков (§ 50) стволы деревьев. Дальше ей итти некуда; ее процесс размножения задержан; он возобновляется вновь, как только открывается возможность помещения новых неделимых Protococcus'a. Количество неделимых этой водоросли, могущих поместиться на площади дерева, строго определенно и не может быть превзойдено.

36. Эти соображения могут быть целиком перенесены на всю живую природу и на область, доступную ее обитанию—на поверхность нашей планеты.

Наибольшее могущее существовать проявление силы размножения живого вещества, определено размерами планеты и выражается в количестве неделимых, которые могут разместиться на площади, равной $5.10065.10^{18}$ квадратных сантиметров. Это количество есть функция густоты скопления организмов, возможной для их жизни.

Эта густота очень различна; для ряски или одноклеточной протококка она определяется только их размерами—другие организмы требуют гораздо большей площади (или объема) для жизни. Слон требует в Индии до 30 квадратных километров, овца в горных пастбищах Шотландии около 10^5 кв. метра, средний улей пчел не менее 10—15 квадратных километров (т. е. одна пчела не менее 2.10^{-4} квадр. килом., т. е. 200 кв. метр.) среднего красного леса Украйны, от 3000 до 15000 неделимых планктона хорошо развиваются в 1000 кубических сантиметрах морской воды; 25—30 квадратных сантиметров достаточны для обычных злаков, несколько (иногда десятков) квадратных метров для неделимых обычного нашего леса.

Очевидно, скорость передачи жизни зависит от возможной густоты хорошо живущей, не страдающей в своих проявлениях, совокупности неделимых, от плотности живого вещества.

Я не буду здесь останавливаться на очень еще мало изученной этой важной константе жизни в биосфере [1]). Ясно, что наибольшая плотность сплошного покрова (типа ряски или протококка) или сплошного заполнения кубического сантиметра мельчайшей бактерией (§ 29), даст нам—если принять ее возможными для всех организмов—наибольшее допустимое для данного вида количество его неделимых в биосфере. Для получения этого числа необходимо принять плотность равной квадрату максимального измерения организма, т. е. его длины и ширины (коэффициент k_1) [1]).

37. Ограничение размножения размерами планеты, неизбежная остановка процесса уже этим путем, помимо более глубокого влияния, оказываемого, как увидим, зеленой средой (§ 121), придает этому процессу очень своеобразные и важные черты.

Прежде всего, очевидно, есть предельное, одинаковое для всех организмов, наибольшее расстояние, по какому может распространяться передача жизни. Оно равно земному экватору, т. е. 40.075.721 км.

Во вторых, для всякого вида или расы есть максимальное количество неделимых, которое не может быть никогда превзойдено. Это максимальное число получается при полном заполнении данным видом земной поверхности, при максимальной возможной густоте его обитания. Это число, которое я буду дальше обозначать N_{mx} и называть стационарным числом однородного живого вещества, имеет большое значение для оценки геохимического влияния жизни. Оно отвечает максимально возможному проявлению энергии данного однородного живого вещества в биосфере, максимальной его геохимической работе; скорость его достижения, разная для каждого организма, выражается скоростью—v—передачи жизни.

Эта скорость—v—связана со стационарным числом следующей формулой:

$$v = \frac{13963.3 \times \Delta}{\lg N_{mx}}$$

[1]) См. мои статьи в Известиях Акад. Наук. Л. 1926.

Очевидно, если скорость передачи жизни остается постоянной, — Δ, характеризующая силу размножения (§ 32), должна уменьшаться, размножение организмов должно в данном объеме или на данной площади итти все медленнее и медленнее по мере того, как число созданных неделимых увеличивается, приближается к стационарному.

38. Мы видим это явление в окружающей нас природе. Оно давно было замечено старыми натуралистами и ярко подчеркнуто около 40 лет тому назад точным наблюдателем живой природы К. Земпером (1888). Земпер отметил, что в небольших водоемах—при всех равных условиях—размножение организмов уменьшается по мере увеличения в них количества неделимых. Стационарное число не достигается или достижение его замедляется по мере приближения к нему количества создаваемых организмов; существует какая то причина, может быть не всегда внешняя (§ 43), регулирующая процесс. Опыты Пирля и его сотрудников над мухой Drosophila и над курами (1911—1922) подтверждают это обобщение Земпера в другой среде.

39. Скорость передачи жизни может давать нам ясное понятие о геохимической энергии жизни разных организмов. Она колеблется в больших пределах и находится в тесной зависимости от размеров организма. Для самых мелких организмов, для бактерий, она, как мы видели, близка к скорости звука, т.-е. к величине, равной 33100 сантим. в секунду. Для самых крупных, для крупных млекопитающих, она равна долям сантиметра — для индийского слона, например, $v = 0.09$ cm./sec.

Это крайние пределы. Между ними помещаются скорости передачи жизни для всех других организмов. Они находятся в явной зависимости от размеров организма и в более простых случаях (напр., для организмов, форма которых приближается к шару) связь размеров организма с его скоростью v может быть уже сейчас математически выражена. Но существование определенной математической зависимости всегда и везде в этой области, несомненно, и отвечает старинному прочному эмпирическому обобщению (§ 32).

40. Скорость передачи жизни дает ясное понятие об энергии жизни в биосфере, о ее в ней работе, но оно недостаточно для ее определения. Для этого мы должны при-

нять во внимание массу того организма, энергия растекания совокупностей которого в биосфере определяется скоростью v.

Выражение $\frac{p v^2}{2}$, где p — вес организма, скорость растекания геохимической энергии которого равна v, дает нам выражение кинетической геохимической энергии живого вещества. Взятое по отношению к определенным площади или объему биосферы, оно может дать нам выражение той химической работы, которая в геохимических процессах этой площади или объема может быть произведена данным видом или расой организмов.

Уже давно мы имеем подходы к определению этим путем — по отношению к определенной площади биосферы, к гектару — части геохимической энергии живого вещества. Это делается при определении урожаев—количества с данной площади полезных человеку организмов или их продуктов.

В более полной форме оно выражается в количестве органического вещества, которое может быть создано—размножением и ростом организмов—на гектаре.

Хотя эти данные очень неполны и не охвачены теорией в достаточной степени, они привели уже к важным эмпирическим обобщениям.

Несомненно, количество создаваемого на гектаре органического вещества ограничено и теснейшим образом связано с той солнечной лучистой энергией, которую захватывает зеленое растение. Геохимическая энергия, собранная этим путем—размножением организмов на гектаре—есть измененная солнечная энергия.

Во-вторых, все более выясняется, что в случаях максимальных урожаев количества органического вещества с гектара почвы и с гектара океана суть числа одного порядка, приближаются к одной и той же величине. Гектар суши охватывает ничтожный слой, не превышающий метров, гектар океана отвечает слою воды, захваченной жизнью, измеряемому километрами. Тождественность создаваемой в них энергии жизни, очевидно, указывает на освещение сверху, как на ее источник.

Мы увидим, что, вероятно, это связано с характерным свойством почвы суши, скопляющей в себе, как увидим, концентрацию организмов, обладающих огромной геохимической

энергией (§ 151). Благодаря этой концентрации энергии живого вещества, тонкий слой почвы по своему геохимическому эффекту может сравниваться с огромной толщей моря, где центры жизни разжижены инертной массой воды.

41. Кинетическая геохимическая энергия организма — $\frac{pv^2}{2}$, взятая по отношению к гектару, т. е. к 10^8 квадратным сантиметрам, выражается следующей формулой [где $\frac{10^8}{k}$ — количество организмов на гектар при достижении ими стационарного числа (§ 37), а k — коэффициент плотности жизни (§ 36):

$$A_1 = \frac{p\,v^2}{2} \cdot \frac{10^8}{k} = \frac{p\,v^2 \times N_{mx}}{2 \times 5\,.\,10065 \times 10^{18}}\,.$$

Чрезвычайно характерно, что эта величина для Protozoa есть величина постоянная. Для них всех выражение A_1 принимает форму:

$$A_1 = \frac{pv^2}{2} \,.\, \frac{10^8}{k} = a \times 3.51 \times 10^{12}\ \text{C. G. S.},$$

где *a* коэффициент, близкий к единице [1]).

Из этой формулы ясно, что кинетическая геохимическая энергия Protozoa определяется скоростью v, связанной с весом и с размерами организма и с темпом размножения — $\triangle$. Отнесенное к $\triangle$, v выражается следующей простой формулой

$$v = \frac{4.66637\,.\,\lg 2\,.\,\triangle}{18\,.\,70762 - \lg k},$$

в которой числовые, постоянные для всех видов организмов, коэффициенты связаны с размерами планеты (с площадью ее поверхности и с длиной ее экватора, при чем все явление отнесено к сантиметрам и секундам [2]).

Из формулы скорости очевидно, что одни размеры планеты не могут объяснить действительно существующего предела для v и для $\triangle$.

Наибольшая нам известная величина v равна 33100 cm/sec, а наибольшая величина $\triangle$ около 63—64.

[1]) Отвечает плохо известному удельному весу Protozoa.

[2]) Выражение v существует для всех организмов, а не только для Protozoa. Формула A_1 для высших групп, для Metazoa и для Metaphyta, имеет иную м е н ь ш у ю величину, что связано с явлениями дыхания и с глубоким отличием их организации от организации простейших. Я не могу здесь входить в рассмотрение этих важных и сложных явлений.

Могут ли они итти дальше (что, как это видно из приведенных формул, возможно и при постоянстве кинетической энергии на гектар) или есть в биосфере условие, этому препятствующее?

Такое условие есть, и им является газовый обмен организмов, неизбежный и необходимый для их существования и в частности для их размножения.

42. Организм не существует без газового обмена, без дыхания. Чем размножение идет быстрее, тем дыхание становится интенсивнее. По степени газового обмена мы всегда можем судить об интенсивности жизни.

В масштабе биосферы нам необходимо, конечно, иметь в виду не дыхание отдельного организма, а общий результат дыхания, необходимо учесть газовый обмен—дыхание всех живых организмов, обнять его, как часть механизма биосферы.

В этом отношении давно имеются эмпирические обобщения, очень мало до сих пор обращавшие на себя внимание и не учтенные нашей научной мыслью.

1) Одно из них указывает, что газы биосферы те же, которые создаются при газовом обмене живых организмов. В биосфере существуют только они одни: O_2, N_2, CO_2, H_2O, H_2, CH_4, NH_3... Это не может быть случайностью.

2) Затем весь свободный кислород биосферы создается на земной поверхности только благодаря газовому обмену зеленых организмов. Этот свободный кислород есть главный источник свободной химической энергии биосферы.

3) И, наконец, в третьих, количество этого свободного кислорода в биосфере, равное 1.5×10^{21} граммов, есть число того же порядка, как и количество существующего и с ним неразрывно связанного живого вещества, исчисляемого в 10^{20}—10^{21} граммов. Оба эти исчисления получены вполне независимо друг от друга.

Эта тесная связь газов земли с жизнью указывает с несомненностью, что газовый обмен организмов—и на первом месте их дыхание—должны иметь первостепенное значение в газовом режиме биосферы, т. е. являться планетным явлением.

43. Этот газовый обмен—дыхание—определяет весь темп размножения; он ставит пределы для величин v и △.

Они не могут перейти через пределы, нарушающие свойства газов.

Я уже указывал (§ 29), что количество организмов, могущих существовать в одном кубическом сантиметре среды, должно быть меньше количества в нем газовых молекул, т.-е. меньше $2.706.10^{19}$ (число Лошмида). Если величина v будет больше 33100 сант./сек., то для организмов, размеры которых меньше размеров бактерий (т.-е. размеров меньшего порядка, чем $n \times 10^{-5}$ cm.), количество неделимых, благодаря их размножению, превысит 10^{19} в кубическом сантиметре. Очевидно, при неизбежном существовании обмена между газовыми молекулами и организмами, количество поглощающих и выделяющих газовые молекулы организмов, соизмеримых с молекулами по своим размерам, должно было бы расти по мере уменьшения размеров организмов с все большей, в конце концов, невероятной быстротой.

Мы приходим к физическому абсурду по нашим современным представлениям.

Если ограничение количества неделимых в кубическом сантиметре определяет наименьшие размеры организма и этим путем ставит максимальный предел для △ и v, то неизбежное постоянное соотношение между количеством неделимых и газовых молекул в данном объеме — явления дыхания—играют еще бо́льшую и постоянно проявляющуюся роль в явлениях размножения.

Дыхание, очевидно, регулирует весь этот процесс на земной поверхности, устанавливает взаимные соотношения между количеством организмов разной плодовитости, определяет — подобно температуре — ту величину △, которой может достигать данный организм в действительности; оно же определяет максимальную △, отвечающую размерам организма, не допускает достижения стационарных чисел.

В мире организмов в биосфере идет жесточайшая борьба за существование не только за пищу, но за нужный газ, и эта последняя борьба более основная, так как она нормирует размножение.

Дыханием определяется максимальная возможная геохимическая энергия жизни на гектар.

44. Результат этого газового обмена и определяемого им размножения организмов огромен даже в масштабе биосферы.

Ничего аналогичного—даже в отдаленной степени—не представляет косная ее материя.

Ибо благодаря размножению каждое живое вещество может создать новые любые количества живой материи. Вес биосферы нам неизвестен—но она составляет небольшую долю веса земной коры до 16 кил. мощностью (§ 75), вес которой равен 2.0×10^{25} гр. Равное весу коры количество вещества может быть силой размножения создано в ничтожное, не геологическое время — если только этому не препятствует внешняя среда.

Холерный вибрион и bacterium coli могут дать эту массу вещества в 1.60—1.75 суток. Зеленая диатомовая водоросль Nitzschia putrida — миксотрофный организм морской грязи, питающийся разлагающимися органическими веществами и в то же время захватывающий солнечный луч—может дать 2.0×10^{25} грамм вещества в 24.5 суток. Это один из наиболее быстро размножающихся зеленых организмов может быть, в связи с тем, что часть органических веществ он получает в готовом виде. Один из наиболее медленно размножающихся организмов—слон—может дать то же количество вещества в 1300 лет. Но что значат года и столетия в геологическом, т.-е. планетном времени!

Мы должны к тому же иметь в виду, что при дальнейшем ходе времени новые массы, равные той же величине 2×10^{25} граммов, должны были бы получиться в несравненно более короткие сроки.

Эти числа дают нам понятие о тех силах, которые проявляются в явлениях размножения.

45. Конечно, в действительности ни один организм не дает таких количеств.

Однако, перемещения таких масс в биосфере силой размножения—даже в течение одного года, отнюдь не являются фантастическими, и даже для действительности они малы.

Эти числа не ирреальны. Мы действительно наблюдаем проявления жизни, им отвечающие, в окружающей нас природе.

Едва ли можно сомневаться, что жизнь в течение года—путем размножения—создает количества неделимых—и отвечающие им массы вещества—порядка 10^{25} граммов и, вероятно, в очень большое количество раз бóльшие.

Так, в каждый момент в биосфере существует $n \times 10^{21}$ — $n \times 10^{20}$ граммов живого вещества. Это вещество вечно разрушается и создается—главным образом, не ростом, а размножением. Поколения создаются в промежутках от десятков минут до сотен лет. Ими обновляется вещество, охваченное жизнью. То, которое находится в каждую минуту в наличности, составляет ничтожную долю созданного в году, так как колоссальные количества создаются и разрушаются даже в течение суток.

Перед нами динамическое равновесие. Оно поддерживается трудно охватываемым мыслью количеством вещества. Очевидно, что даже в сутки создаются и разрушаются смертью, рождением, метаболизмом, ростом, колоссальные массы живого вещества. Кто может измерить количества вечно создающихся и вечно гибнущих неделимых? Это задача еще более трудного порядка, чем исчисление песчинок моря- задача Архимеда. Как исчислить живые песчинки, непрерывно меняющиеся в своем количестве с ходом времени?

Здесь одновременно скопляются и меняются бесчисленные неделимые в пространстве и во времени. Число их бывших и настоящих даже в течение одного человечески короткого промежутка времени превышает количество песчинок морского песка, несомненно, неизмеримо более, чем в 10^{25} раз!

46. **Зеленое живое вещество.** По сравнению с силой размножения, с геохимической энергией живого вещества, массы его, находящиеся в каждый момент в биосфере—10^{20}—10^{21} гр.—являются небольшими.

Эти массы генетически связаны в своем существовании с зеленым живым веществом, единственным способным захватывать лучистую энергию солнца.

К сожалению, наши современные знания не дозволяют учесть, какую часть всего живого вещества составляет зеленый мир растений. Можно пока дать лишь очень приблизительное понятие о количественной стороне явления.

Нельзя утверждать, что количественно по своей массе зеленое живое вещество преобладает на всей поверхности

земли —но, повидимому, оно преобладает на суше. В океане обычно считается, что количественно—по массе—преобладает животная жизнь.

Если даже животная—гетеротрофная—жизнь преобладает в конце концов в массе всего живого вещества,—это преобладание не может быть очень велико.

Не разделяется ли живое вещество на две половины или почти на две половины по весу—на зеленое автотрофное и на его порождение—гетеротрофное? Ответить на этот вопрос мы не умеем.

Но во всяком случае несомненно, что уже одно зеленое живое вещество дает массы того же порядка—10^{20}—10^{21} граммов, какие отвечают *всему* живому веществу.

47. Строение этого зеленого трансформатора солнечной энергии на суше и в море резко различное. На суше преобладает травяная явнобрачная растительность; древесная составляет по весу значительную, может быть, близкую ей часть; зеленые водоросли и другие тайнобрачные, особенно протисты, отходят на задний план. В океане преобладают одноклеточные микроскопические зеленые организмы; травы, как Zostera, и большие водоросли составляют по весу небольшую часть растительной жизни; они сосредоточены у берегов и в более мелких местах, куда проникает солнечный луч; их плавающие скопления—как скопления саргассов в Атлантическом океане—теряются в общей безмерности морских пределов.

Зеленые метафиты преобладают на суше; из них наиболее быстро размножаются—обладают большей геохимической энергией—травы. Скорость передачи жизни древесной растительности, повидимому, меньше. Зеленые протисты преобладают в океане.

Скорость v для метафитов едва ли превышает сантиметры в секунду; для зеленых протистов она достигает тысяч сантиметров, т. е. превышает в сотни раз силу размножения метафитов.

Это явление резко характеризует различие жизни моря и суши. Хотя в море зеленая жизнь может быть и менее господствует, чем та же жизнь суши—но общее количество зеленой жизни в океане, благодаря его преобладанию над сушей на нашей планете, по массе превышает растительность суши.

VI Зеленые протисты океана являются главными трансформаторами световой солнечной энергии в химическую энергию нашей планеты.

48. Можно выразить разный энергетический характер зеленой растительности суши и моря в точных числах и иначе.

Формула $2^{n\Delta} = N_n$ (§ 32) дает нам приращение организма в сутки (Δ) при размножении; беря *один* исходный организм, мы имеем для него (в первый день, когда $n = 1$)

$$2^{\Delta} - 1 = \alpha.$$

Откуда

$$2^{\Delta} = \alpha + 1 \quad \text{и} \quad 2^{n\Delta} = (\alpha + 1)^n .$$

Величина α есть постоянная для каждого вида; она определяет суточное приращение количества неделимых, сведенное к одному неделимому, т.-е. указывает увеличение в каждые сутки одного неделимого.

Величина $(\alpha + 1)^n$, очевидно, определяет количество неделимых, создаваемое размножением в n—ый день: $(\alpha + 1)^n = N_n$.

Значение этих чисел видно на следующем примере. По Ломану, среднее размножение планктона—учитывая его гибель и поедание—может быть выражено константой $\alpha + 1$, равной 1.2996. Та же постоянная для среднего урожая пшеницы во Франции равна 1.0130. Эти величины отвечают среднему идеальному суточному значению одного организма пшеницы и планктона после одних суток размножения. Отношение количеств неделимых планктона и пшеницы в первый день от начала размножения равно таким образом:

$$\frac{1.2996}{1.0290} = 1.2829 = \delta.$$

С каждым следующим днем это отношение будет расти согласно степени δ, т.-е. будет в n-ый день выражаться величиной δ^n.

Для 20-го дня величина δ равна 145.9, а для сотого дня количество неделимых планктона в 6.28×10^{10} раз должно быть больше количества неделимых пшеницы. В годовой оборот, после которого временно замирает развитие пшеницы, эта разница—δ^{365}—достигнет астрономической цифры $3.1 \times \times 10^{39}$. Конечно, при таком различии темпа размножения

разница в весе взрослого травянистого растения суши, весящего сотни граммов, т. е. $n \times 10^2$ гр., и микроскопического организма планктона, весящего немногие многомиллионные доли грамма ($n \times 10^{-6} — n \times 10^{-10}$ гр.), исчезает.

Зеленое организованное вещество моря достигает этого результата благодаря быстроте оборота своего вещества. Сила, в нем заложенная солнечным лучом, позволила бы ему создать в десятки дней, в 50—70 дней, а может быть и меньше, массу вещества, равную по весу земной коре (§ 32). То же предельное количество вещества могла бы дать травяная растительность суши в несколько лет—Solanum nigrum, например, в пять лет.

Необходимо иметь в виду, что эти числа не могут быть количественно сравниваемы для выражения роли в биосфере зеленой травяной растительности и зеленого планктона.

Для такого сравнения надо их брать в одинаковые промежутки времени от начала процесса, при чем различие быстро увеличивается с ходом времени. В то время, как Solanum nigrum в 5 лет дал бы 2.10^{25} гр. вещества, зеленый планктон должен был бы дать в этот промежуток времени количества, которые трудно выразить понятными нам числами. В следующий, значительно меньший, промежуток времени создания того же количества вещества травяной растительностью зеленый планктон дал бы еще бóльшие, еще менее вообразимые числа.

49. Эта разница между зеленым живым веществом суши и моря не является случайностью. Она производится солнечным лучом, связана с различным его отношением к жидкой прозрачной воде и к твердой непрозрачной земле. Быстро размножающийся, т.-е. обладающий несравнимо большей энергией в биосфере, мир планктона характеризует не только океаническую жизнь—он характерен для всякой водной жизни по сравнению с жизнью суши.

Величина δ^n может давать понятие о различной энергии сравниваемых живых веществ, но геохимически их энергия проявляется еще в массе, в весе создаваемых неделимых. Масса создаваемого живого вещества определяется произведением количества его неделимых на средний их вес, p, т.-е.

$$M = p\,(1 + \alpha)^n.$$

Только в случае, когда мелкие организмы могут реально дать в биосфере бóльшую массу вещества, они будут, согласно общим принципам энергетики, поставлены в ней в более выгодное положение, чем организмы крупные.

Ибо всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется нулю или к нему приближается, становится наименьшей возможной в данных условиях,—т.-е., когда вся возможная в условиях системы работа произведена. Мы увидим, что все процессы биосферы — и вообще земной коры — и их общий облик обусловливаются условиями равновесия механических систем, к которым они могут быть сведены.

Одну из таких систем представляет солнечный луч — (солнечная радиация) в сочетании с живым зеленым веществом биосферы. Эта система будет в биосфере в устойчивом равновесии, когда солнечный луч совершит в ней максимальную работу, создаст наибольшую возможную массу зеленых организмов.

На суше солнечный луч не может глубоко проникать в ее вещество; он всюду встречает непрозрачные для него тела, и слой создаваемого им зеленого живого вещества очень тонок.

Крупные растения — травы и деревья—в таких условиях имеют все преимущества для своего развития перед зелеными протистами.

Они достигают создания бóльшего количества живого вещества, чем протисты, хотя и производят его в бóльшее количество времени. Но эта их работа по условиям среды суши возможна. Одноклеточные организмы достигают через короткое уже время возможного для них предела развития— стационарного состояния (§ 37), и в системе „солнечный луч — суша“ являются неустойчивой формой, так как травяная и древесная растительность суши, несмотря на меньший запас энергии своего механизма, может в этих условиях производить бóльшую работу, дать бóльшее количество живого вещества.

50. Мы на каждом шагу видим отражение этого явления. Ранней весной, когда жизнь пробуждается в наших степях, степи покрываются в короткое время тонким слоем одноклеточных водорослей, главным образом, быстро растущими большими ностоками. Этот зеленый покров быстро исчезает,

сменяется медленно растущею, обладающею меньшей геохимической энергией, травяною растительностью, так как благодаря свойствам непрозрачного твердого вещества суши—трава, а не стоящий впереди ее по геохимической энергии восток, является неизбежно в конце концов господствующей. Кора деревьев—камни и почва—покрывается всюду чрезвычайно быстро растущими протококками. Во влажные дни они в немного часов дают из весящей многомиллионные доли грамма клетки — дециграммы или граммы вещества. Дальше их развитие не идет даже в самых благоприятных условиях, в странах влажного климата. Так, в платановых рощах Голландии стволы деревьев покрыты постоянным сплошным покровом протококков, находящихся в неизменном равновесии, ибо рост их дальше не идет—из-за непроницаемости для света несущего их тела. Совсем в ином положении находятся их водные родичи, свободно развивающиеся в прозрачной среде сотен метров мощностью.

Наши травы и наши деревья суши создали всю свою форму, как увидим, выдвинувшись в прозрачную воздушную среду. Во всем их облике, во всем бесконечном разнообразии их форм мы видим то же самое стремление дать максимум работы, получить максимальную величину живого веса.

Они нашли для этого новый путь, захватывая новую среду жизни — тропосферу.

51. В океане, в воде, условия совершенно другие. Здесь солнечный луч проникает на сотни метров и с помощью своей большей, чем для зеленых трав и деревьев, геохимической энергии, зеленая одноклеточная водоросль имеет возможность создать в один и тот же промежуток времени количества живого вещества несравненно бо́льшие, чем может дать их в это время зеленое вещество суши.

Здесь использование энергии солнечного луча чрезвычайное, и здесь устойчивой формой жизни является мельчайший зеленый организм, а не крупное растение. И в связи с этим — благодаря тем же причинам — здесь наблюдается исключительное обилие животной жизни, быстро поедающей зеленый планктон и позволяющей ему этим путем превращать в живое вещество все большее и большее количество лучистой солнечной энергии.

52. Так мы видим, что солнечный луч—носитель космической энергии—не только возбуждает механизм ее превращения в химическую земную, но и создает самую форму трансформаторов, которая является нам в виде живой природы. Космическая сила придает ей разный вид на суше и в воде, и она же меняет ее структуры, т. е. определяет количественные соотношения, существующие между разными автотрофными и гетеротрофными организмами. Всюду эти явления, подчиненные законам равновесия, неизбежно должны выражаться числами, которые нам едва начинают становиться известными.

Эта космическая сила вызывает давление жизни, которое достигается размножением (§ 27). В нем мы в действительности видим передачу солнечной силы на земной поверхности.

Это давление мы в сущности постоянно чувствуем в нашей культурной жизни. Человек, меняя девственный облик природы, освобождая некоторые места поверхности суши от зеленой растительности, должен всюду давлению жизни противоставлять усилие, тратить энергию, ему равную, нести труд. Как только человек перестал бы тратить на это силы и средства—сейчас бы все его лишенные зеленой растительности сооружения скрылись бы в массе зеленых организмов. И сейчас всюду, где можно, они захватывают отнятую от них человеком площадь.

Это давление сказывается во всюдности жизни. Области совсем и всегда ее лишенные, нам неизвестны; на самых твердых скалах, в снежных и ледяных полях, в пустынных песчаных и щебневых областях мы всегда встречаемся с проявлением жизни. Механически сносятся туда неподвижные растительные организмы, постоянно зачинается и прекращается микроскопическая жизнь, заходят, живут и останавливаются в них самостоятельно передвигающиеся животные.

Иногда в этих областях мы имеем даже сгущения жизни, богатые ее области—но это не зеленый мир трансформаторов. Птицы, звери, насекомые, паукообразные, бактерии.., изредка зеленые протисты составляют население этих кажущихся нам безжизненными областей.

По отношению к зеленому миру растений они действительно являются азойными. На ряду с ними в этом

отношении должны быть поставлены временные прекращения зеленой жизни в областях наших широт, в снежных покровах, в зимнем замирании фотосинтеза.

Такие явления существовали на нашей планете во все геологические эпохи. Они всегда имели ограниченные пределы. Всегда их пыталась, но не могла, захватить жизнь, приспособиться к существованию в их условиях.

Едва ли это случайно—но мы не знаем, чем вызвано это ограничение проявления энергии жизни, наблюдаемое только на суше: соотношению ли между земными силами, противодействующими жизни, и силой солнечного луча или не известными нам свойствами излучений?

53. Приспособление зеленых растений к улавливанию космической энергии проявляется не только в их размножении. Фотосинтез идет, главным образом, в мельчайших микроскопических пластидах, более мелких, чем клетки, в которых они находятся. Мириады этих зеленых телец рассеяны в растениях и они в своей массе дают нам впечатление зеленого цвета.

Всматриваясь в любой зеленый организм, можно ясно видеть—в мелочах и в крупном—приспособляемость его для улавливания всех доступных ему солнечных световых излучений. Площадь зеленых листьев каждого отдельного растительного организма является максимальной, и их распределение в пространстве направлено к тому, чтобы ни один луч света не миновал захватывающего его микроскопического аппарата превращения энергии. Луч, падая на землю, всюду встречает ловящий его организм. Механизм этот подвижен, и совершенство его превышает механизмы, созданные нашей волей и нашим разумом.

Этим определяется строение окружающей нас растительности. Листовая площадь лесов и лугов превышает в десятки раз площадь насаждений, луговые травы наших широт в 22—38 раз, поле белой люцерны в 85.5 раз, буковый лес—7.5 раз и т. д. В этих исчислениях не принимается во внимание посторонний органический мир, повсюду заполняющий получаемые при росте крупных растений пустые промежутки. В наших лесах замещают деревья зеленая травяная растительность почвы, мхи и лишайники, подымающиеся по стволам, зеленые водоросли влажных областей, их

покрывающие, быстро зарождающиеся при сколько нибудь благоприятных условиях тепла и влажности. В покрывающих большую часть суши культурных полях человек достигает с величайшим трудом и огромной затратой энергии, и очень редко, чистоты посева; в них всюду пробиваются посторонние зеленые травы.

До появления человека в девственной природе это строение было выражено особенно резко, и мы можем еще всюду научно наблюдать его остатки. В свободных участках „девственной степи", участками сохранившихся на юге России, можно было видеть установившееся извека природное равновесие, которое вновь в них возродилось бы в одно—два столетия, если бы исчезло действие воли и разума человека. Такую степь ковыля-тырсы (Stipa capillata) И. Пачосский описывал (1903) для Херсонщины: „Это было впечатление моря; никакой растительности—по пояс и выше взрослому человеку, кроме тырсы, видно не было; совокупность целинной растительности часто почти сплошь покрывала поверхность земли, затеняя ее и тем способствуя сохранению влаги у самой поверхности. Это позволяет между пучками листьев и даже под их прикрытием произрастать лишайникам и мхам, которые бывают зелеными даже в средине лета"...

Ту же картину сплошного зеленого покрова дают для травянистых степей Америки старые наблюдатели, напр., Ф. Азара (1781—1801).

Эти „девственные", насыщенные зеленым веществом, степи, сохранились урывками. Их заменили зеленые поля человека.

В наших широтах зеленые травы существуют периодически; их жизнь тесно связана с астрономическим явлением—с вращением земли вокруг солнца.

54. Всюду в других проявлениях растительной жизни мы наблюдаем ту же картину насыщенности земной поверхности зеленым покровом. Лесные заросли тропиков и подтропических стран, таïга умеренных и северных широт, саванны, тундра — все они, поскольку они не тронуты человеком, являются разным выражением бессменного или периодически повторяющегося зеленого сплошного покрова планеты. Нарушение вносится человеком—но нельзя утверждать, что

он уменьшает, а не только перераспределяет зеленый земной трансформатор энергии.

Всюду и сейчас растительные сообщества и формы отдельных растений приноровлены к тому, чтобы многократно перехватить солнечный луч, не дать ему миновать микроскопических хлорофилльных пластид. Нет сомнения, что в общем всюду, за исключением азойных областей, луч света не может попасть на земную поверхность, не пройдя через слой живого вещества, в сотню раз должно быть превышающий ту площадь, которую бы он освещал в безжизненной среде косного вещества.

55. Суша составляет меньшую—29.2% часть лика земли. Главная часть занята морем. И в нем сосредоточена главная масса зеленого живого вещества; оно является главным трансформатором световой лучистой солнечной энергии в земную химическую.

Зеленый цвет сосредоточенного в море живого вещества обычно не виден; это вещество распылено на мириады микроскопических, всюду проникающих зеленых одноклеточных водорослей. Они свободно плавают, иногда сгущаясь, иногда разжижаясь, на всей безбрежной, исчисляемой миллионами квадратных километров, поверхности океана. Они проникают всюду, куда проникает солнечный луч, до глубины в 400 метров, заносятся течениями, спускаются ниже, но главные массы их сосредоточены на глубинах 20—50 метров. Они подымаются и опускаются, находясь в вечном движении. Их размножение меняется в зависимости от температурных и других условий, возрастает или уменьшается в зависимости от обращения планеты вокруг солнца.

Едва ли можно сомневаться, что и здесь используется целиком все световое лучеиспускание солнца. Совершенно правильно смещают друг друга по мере углубления зеленые, синие, бурые, красные водоросли; красные багрянки используют последние остатки не поглощенного водою солнечного света—голубую его часть. Как показал Энгельман, все эти разноцветные водоросли приспособлены к максимальному фотосинтезу в условиях находящихся в области их нахождения световых излучений.

Такая смена организмов с глубиной наблюдается везде в гидросфере. Местами—у берегов или у мелей или в таких

своеобразных образованиях, как Саргассово море Атлантического океана, связанных с геологической историей местности,—невидимый глазом планктон сменяется огромными плавучими полями или лесами водорослей (иногда гигантских) и трав, много более могучими лабораториями химической энергии, чем самые большие лесные массивы суши.

Но площадь, ими занятая, не велика—порядка для всех их немногих процентов общей площади чистого планктона.

56. В конце концов на нашей планете поверхность ее покрывается временами зеленым сплошным покровом. Всегда лишенные зеленой растительности места, бедные жизнью, или азойные—безжизненные пространства, едва ли составляют 5—6% земной поверхности. Если даже мы примем их во внимание, то и в таком случае слой зеленого вещества, покрывающий нашу планету, занимает, повидимому, всегда площадь, не только много превышающую ее поверхность, но находящуюся в соотношении с космическими явлениями—с солнцем.

Несомненно, в среднем даже на суше площадь зеленого слоя, захватывающего солнечные лучи, превышает в максимальном его проявлении более, чем в 100 раз, ее поверхность, покрытую растительностью. В мощном верхнем слое мирового океана—в четыреста и более метров — зеленая поверхность той же толщины (примерно в толщину листа растения или зеленого слоя наземных зеленых протистов) превысит, несомненно, эту величину во много раз. В конце концов, на пути солнечного луча получается сплошная поверхность микроскопических хлорофилльных трансформаторов его энергии, превышающая поверхность самой большой планеты солнечной системы—Юпитера или к ней близкая. Поверхность земли равна 5.1×10^8 квадр. килом., поверхность Юпитера 6.3×10^{10} квадр. килом.; принимая, что 5% поверхности нашей планеты лишена зеленой растительности, и что захватывающая солнечный луч площадь ее увеличивается размножением зеленой растительности от 100 до 500 раз, зеленая площадь в максимальном ее проявлении будет соответственно 5.1×10^{10} — 2.55×10^{11} квадр. километров.

Едва ли может быть сомнение, что эти числа не случайны, и что указанный механизм находится в теснейшей связи с космическим строением биосферы. Он должен находиться

в связи с характером и с количеством солнечного лучеиспускания.

Поверхность земли составляет несколько меньше $^1/_{10000}$ поверхности солнца (8.6×10^{-5}, т. е. 0.0086%). Зеленая площадь ее трансформационного аппарата дает уже числа иного порядка—она составляет 0.86—4.2% площади солнца.

57. Невольно бросается в глаза, что порядок этих чисел отвечает порядку той части солнечной энергии, которая улавливается в биосфере живым зеленым веществом.

В связи с этим можно исходить из этого совпадения в исканиях объяснения зеленения земли.

Захватываемая организмами солнечная энергия составляет небольшую часть той, которая достигает поверхности земли, получающей в свою очередь от солнца только ничтожную долю всего его излучения. Из всей солнечной энергии, равной 4.10^{30} больших калорий в год, земля, по С. Аррениусу, получает 1.66×10^{21} больших калорий в год.

Только эта космическая энергия и может быть принимаема во внимание при современной точности наших знаний в этой области. Едва ли радиация всех звезд, достигающих земной поверхности, много превышает 3.1×10^{-5}% солнечной, как это было уже установлено Ньютоном. Принимая во внимание лучеиспускание и всех планет, и луны—значительная часть которого отраженная солнечная—количество энергии, этим путем получаемое землей, не достигнет и $^1/_{100}$% всей энергии, получаемой земной поверхностью от солнца.

Значительная часть этой энергии захватывается верхней земной оболочкой—атмосферой, и только 40%—6.7×10^{20} калорий достигает земной поверхности и находится таким образом в распоряжении зеленой растительности.

Из этой энергии главная часть идет на тепловые процессы земной коры и связана с тепловым режимом океана и атмосферы. Несомненно, значительная ее часть захватывается в этом режиме и живым веществом и нами не учитывается в балансе химической работы жизни. Но само собой разумеется, что в создании жизни в биосфере она играет огромную роль. Но она не проявляется непосредственно в создании новых химических соединений, которые одни лишь дают мерку химической работы жизни.

На химическую работу, на создание нестойких в термодинамическом поле биосферы (§ 87) органических соединений, зеленая растительность использует только некоторые определенные излучения в пределах приблизительно 670—735 $\mu\mu$ (Danggeard и Desroche, 1910—1911), хотя солнечный свет действует в фотосинтезе зеленых растений и другими своими излучениями, правда, с меньшей интенсивностью, на всем огромном остальном протяжении спектра, по крайней мере, от 300 до 770 $\mu\mu$.

В связи с этим, а не в связи с несовершенством аппарата трансформации, зеленое растение использует лишь небольшую часть солнечной радиации, его достигающей. По Буссенго, зеленое, культурное поле может захватить 1% солнечной падающей энергии, превращая ее в органическое горючее вещество. Аррениус думает, что в интенсивной культуре эта величина может быть поднята до 2%. По Броуну и Эскомбу, она для зеленого листа достигает—по непосредственным наблюдениям—0.72%. Лесная площадь едва ли использует 0.33%—исходя в вычислениях из древесины.

58. Эти числа, несомненно, являются минимальными, а не максимальными.

В исчислении Буссенго даже с поправкой Аррениуса принята во внимание растительность суши, притом при предположении, что культурой мы действительно увеличиваем плодородие почвы, а не создаем благоприятные условия для определенного культурного растения, погашая жизнь других, нам ненужных. Эти исчисления неизбежно не принимают во внимание жизни зеленой „сорной“ и микроскопической растительности, пользующейся благоприятными условиями удобрения и обработки. Помимо полей, и на суше мы имеем богатые жизнью зеленые сгущения—болота, влажные леса и влажные луга, превышающие по количеству жизни насаждения человека (§ 148 сл.).

Повидимому, в среднем количество зеленой растительности на единицу площади моря (гектар), где сосредоточена главная ее зеленая масса, дает числа того же порядка, как для единицы суши. Большее годовое количество создаваемого в море живого вещества объясняется более быстрым темпом его размножения (§ 49). Растительное вещество столь же

быстро поглощается животным миром, как оно создается размножением. Этим путем в планктоне и в бентосе океана создаются такие скопления животной бесхлорофилльной жизни, которые лишь изредка наблюдаются—если наблюдаются—на суше.

Но как бы ни пришлось увеличить минимальное число Аррениуса, можно и сейчас принять, что порядок явления им указан верно.

Зеленое вещество усваивает немногие проценты достигающей его солнечной лучевой энергии, повидимому, больше двух ее процентов.

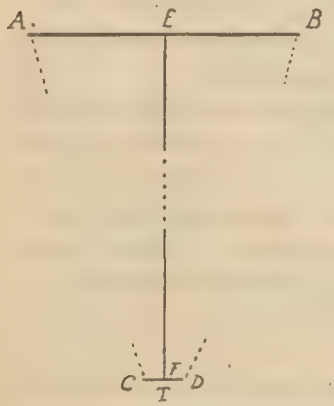
Эти 2 и больше процентов вполне попадают в пределы 0.8—4.2% солнечной поверхности, которой отвечает зеленая трансформационная площадь биосферы (§ 56). До растения достигает 40% всей солнечной энергии, охватывающей нашу планету (§ 57). 2% используемых растением, отвечают 0.8% всей доходящей до земли солнечной энергии.

59. Можно понять это совпадение только при наличности в механизме биосферы аппарата, использующего на цело, до конца, определенную часть солнечной энергии. Трансформационная зеленая площадь земли, созданная энергией солнечной радиации, будет отвечать в таком случае той ее части, количеству тех определенной длины волны лучей, в ней находящихся, которые способны производить на земле химическую работу.

Мы можем светящуюся поверхность быстро вращающегося солнца, непрерывно освещающего землю, принять за некоторую светящуюся площадь размера AB (см. рис.на стр 62). Из этой площади непрерывно, из каждой ее точки, падают на поверхность земли световые колебания, только $m\%$ которых—определенной длины волны лучей—могут с помощью зеленого живого вещества переходить в действенную химическую энергию биосферы. Поверхность быстро и непрерывно вращающейся земли может быть также заменена равною ей по величине освещаемой площадью. При огромных размерах диаметра солнца, по сравнению с диаметром земли, и большим расстоянием от него земли, эта площадь, очевидно, на рисунке выразится точкой T. Она будет как бы фокусом лучей, исходящих из светящегося солнца AB. Зеленый трансформационный аппарат биосферы состоит из тончайшего слоя

мельчайших пылинок—хлорофилльных пластид. Их действие пропорционально их поверхности, так как чрезвычайно быстро слой хлорофилльного вещества становится непрозрачным для химических лучей, им превращаемых. Очевидно, заменив и здесь поверхность освещаемых пластид их площадью, максимальная трансформация зелеными растениями солнечной энергии будет происходить тогда, когда на земле будет существовать приемник света, площадь которого равна m % светящейся площади солнца или больше ее. В таком случае все нужные для земли лучи будут захвачены хлорофилльным аппаратом.

На рисунке CD обозначает диаметр той окружности, которая отвечает 2% солнечной светящейся площади[1]). Весь чертеж отнесен к диаметрам кругов, площади которых отвечают светящейся поверхности солнца (AB) и принимающей свет поверхности земли (T и CD).



Вероятно, между радиацией солнца, ее характером (процент лучей m), площадью зеленой растительности (и азойными промежутками?) есть числовые соотношения, нам теперь неизвестные.

Космический характер биосферы должен глубоко сказываться и в ее дальнейшем, с этим связанном строении.

[1]) На рисунке поверхности сведены к площадям; за единицу принят радиус площади, равной поверхности Солнца. Эти радиусы следующие:

Радиус площади, равной поверхности солнца	$= r = 1.3889 \times 10^6$ кил.	$= 1$
То же для земли	$r_1 = 1.2741 \times 10^4$ „	$= 0.00918$
„ „ 2% поверхности солнца . . .	$r_2 = 1.9650 \times 10^5$ „	$= 0.14148$
„ „ 0,8% „	$r_3 = 1.2425 \times 10^5$ „	$= 0.08947$

Выраженное в том же масштабе среднее расстояние земли от солнца будет равно $215 = 1.4950 \times 10^8$ кил.

60. Живое вещество часть получаемой им лучистой энергии держит непрерывно в своем веществе, в живых организмах. Это величина, отвечающая количеству организмов. Все указывает нам, как мы это увидим, что количество жизни на земной поверхности не только мало меняется в короткие промежутки времени, но почти неизменно или неизменно [1]) и в геологические периоды, начиная с археозоя. Тесная зависимость количества жизни от лучистой энергии солнца делает это эмпирическое обобщение особенно важным, так как оно связывает ее с такой величиной, как солнечное лучеиспускание, неизменность которого в геологическое время—за время существования солнечной системы в ее современном виде—едва ли может возбуждать серьезные сомнения. Тесная зависимость основной части жизни—зеленого живого вещества—от солнечных лучеиспусканий определенной длины волны—и открывающийся нам механизм биосферы, связанный с полным их использованием зеленой растительностью, дает еще новое указание на постоянство количества живого вещества в биосфере.

61. Количество энергии, ежесекундно находящейся в форме живого вещества, может быть учтено. По исчислениям Аррениуса зеленая растительность в форме своих горючих соединений заключает 0.024% всей солнечной энергии, достигающей биосферы, т. е. 1.6×10^{17} больших калорий.

Это огромное — планетное — число; оно мне кажется, однако, очень преуменьшено. В другом месте [2]) я пытался выяснить, что число Аррениуса должно быть увеличено, по крайней мере, в 10 раз, а может быть еще больше. Вероятно больше 0.25% солнечной энергии, получаемой землей, находится все время в запасе—в живом веществе—в форме соединений, находящихся в особом термодинамическом поле, отличном от термодинамического поля косной материи биосферы.

Несмотря на огромные количества вещества, постоянно во время жизни проходящего через организмы, большие количества, напр., создаваемого ими свободного кислорода

---

[1]) Т. е., как во всех равновесиях, колеблется около статического состояния.

[2]) Vernadsky. La géochimie. P. 1924. p. 308.

(около 1.5×10^{21} грамм), энергетический годовой эффект жизни выражается в меньших числах, чем создаваемые ею, постоянно восстановляющиеся размножением и постоянно умирающие существа. Там, как указывалось (§ 45), в течение года передвигаются массы элементов, много раз превышающие вес земной коры до 16 километров мощностью, многократные числа порядка 10^{25} граммов.

Насколько мы можем сейчас его учесть, энергетический приносимый живого вещества в биосферу в течение года не так уже много превосходит ту энергию, которую живое вещество держит в своем термодинамическом поле сотни миллионов лет. Она сохраняет в себе—в форме горючих своих соединений — не менее 1×10^{18} больших калорий и она использует в год на связанную с их новым созданием и восстановлением истраченного работу не менее 2% подающей на поверхность земли и океана энергии, т. е. не менее 1.5×10^{19} больших калорий. Если это число и будет при дальнейшем изучении увеличено, едва ли порядок — 10^{19} калорий изменится.

Так как количество живого вещества остается незыблемым в течение всего геологического времени, связанная с его горючей частью энергия может считаться всегда присущей жизни. В таком случае $n \times 10^{19}$ больших калорий в год выразит энергию, ежегодно передающуюся жизнью в биосферу.

62. **Несколько замечаний о живом веществе в механизме биосферы.** Зеленое живое вещество, несмотря на все его значение, не охватывает всех основных проявлений жизни в биосфере.

Химия биосферы вся проникнута явлениями жизни, захваченной ею космической энергией, и не может быть понята, даже в своих основных чертах, без выяснения места живого вещества в механизме биосферы, причем она только отчасти связана с зеленым растительным миром.

Механизм этот известен нам в далеко недостаточной степени, но уже теперь можно указать некоторые его правильности, которые мы должны рассматривать, как эмпирические обобщения.

В будущем картина явления несомненно изменится для нас в чрезвычайной степени, но уже и теперь мы должны

на каждом шагу считаться с ее хотя бы несовершенными образами.

Я вкратце остановлюсь здесь на некоторых из них, кажущихся мне наиболее основными.

В истории химического состава живого вещества давно замечена особенность, регулирующая всю его геохимическую историю в биосфере, которая была отмечена глубоким русским натуралистом К. М. фон Бэром. Он выразил это для углерода, позже то же было отмечено для азота и может быть целиком перенесено на всю геохимическую историю элементов. Это закон бережливости в использовании живым веществом простых химических тел, раз вошедших в его состав.

Бережливость в использовании живым веществом необходимых для жизни химических элементов проявляется различным образом. С одной стороны, она наблюдается в пределах самого организма. Раз вошедший в него элемент проходит в нем длинный ряд состояний, входит в ряд соединений, прежде чем он выйдет из него и будет для него потерян. Организм вместе с тем вводит в свою систему только необходимые количества элементов для своей жизни, избегая их излишка.

Но это одна сторона явления, на которую обратил внимание фон Бэр и которая, очевидно, связана с автономностью организма и с свойственными ему системами равновесия, достигающими устойчивого состояния, обладающего наименьшей свободной энергией.

Еще резче выражена эта особенность геохимической истории организмов в их живом веществе, в их совокупности. В неисчислимых биологических явлениях наблюдается проявление здесь закона бережливости. Атомы, вошедшие в какую-нибудь форму живого вещества, захваченные единичным жизненным вихрем, с трудом возвращаются, а может быть и не возвращаются назад в косную материю биосферы. Организмы, поедающие других, паразиты и симбиозы, сапрофиты, немедленно вновь переводящие в живую форму материи только что выделенные остатки жизни, в действительности сами в значительной части всегда живые, пропитанные ее микроскопическими формами, новые поколения, получаемые размножением — все эти разнородные, не-

исчислимые механизмы улавливают атомы в изменяющейся среде, удерживают их в жизненных вихрях, переводя их из одного в другой.

И это имеет место на протяжении всего круга жизни, сотни миллионов лет. Несомненно часть атомов неизменного покрова жизни, энергия которого все время держится на уровне порядка 10^{18} больших калорий, никогда не выходит из жизненного круговорота. В образном выражении фон Бэра—жизнь бережлива в своих тратах захваченного вещества, с трудом и неохотой отдает его назад. Нормально она его назад надолго или совсем не выпускает.

63. Благодаря „закону бережливости", можно говорить об атомах, остающихся в пределах живой материи в течение геологических периодов, все время находящихся в движении и в миграциях, но не выходящих назад в косную материю.

Это эмпирическое обобщение—в связи с той совершенно неожиданной и своеобразной картиной, какую оно нам рисует—невольно заставляет углубиться в те следствия, которые из него могут быть сделаны, заставляет искать его объяснения.

Сейчас можно это делать только гипотетически. И прежде всего это обобщение выдвигает перед нами вопрос, раньше в науке не ставившийся, но подымавшийся в разной форме в философских и теологических спекуляциях. Являются ли атомы, так удержанные живым веществом, теми же, какие мы видим в косной материи? Или же мы имеем среди них иные изотопы, особые их смеси? Это может решить только опыт, который стал этим путем на очередь дня.

64. Одним из важнейших проявлений жизни, имеющих огромное значение в биосфере (§ 42), является газовый обмен организмов с окружающей их газовой средой. Часть этого газового обмена была правильно понята еще Лавуазье—как горение. Этим путем атомы углерода, водорода и кислорода постоянно в огромном числе выходят из жизненных вихрей и в него входят.

Очень возможно, что такое горение в организме не касается основного субстрата жизни—протоплазмы. Возможно, что при жизни организма атомы углерода, уходящие в виде углекислоты в атмосферу или в воду, происходят от стороннего в него входящего вещества—пищи, а не от вещества, строющего углеродистый остов организма.

В таком случае только в протоплазматической основе жизни и ее образованиях будут собираться удержанные в живой материи не выходящие из нее атомы.

Является необходимым сейчас пересмотреть представление о характере обмена—движения атомов—внутри организма, об устойчивости протоплазмы, воззрения, выдвинутого еще Кл. Бернаром и не раз подымавшегося в науке.

В таком случае „закон бережливости" К. М. фон Бэра окажется связанным с сохранением в биосфере в течение геологического времени одной и той же массы живого вещества, отражающегося в этом случае в неизменности массы его протоплазматических образований.

65. Это вопросы, на которые мы пока не имеем ответов. Но одна их постановка очевидно меняет наше понимание окружающего.

Изучение явлений жизни в масштабе биосферы дает нам и более определенные указания на теснейшую связь между ней и между биосферой, указывает, что явления жизни должны быть рассматриваемы, как части механизма биосферы, и что те функции, какие живое вещество исполняет в этом сложном, но вполне закономерном механизме— в биосфере— основным глубочайшим образом отражаются на характере и на строении живых существ.

Среди этих явлений на первом месте должен быть поставлен газовый обмен организмов—их дыхание. Едва ли может быть сомнение в его тесной связи с газовым обменом планеты, одну из важнейших, если не важнейшую часть которого он составляет.

В 1840 годах, в замечательной лекции в Париже, Дюма и Буссенго указали, что живое вещество может быть рассматриваемо, как придаток атмосферы. Оно в своей жизни строит из газов атмосферы—кислорода, углекислоты, воды, соединений азота и серы—тело организмов, переводит эти газы в горючие тела—жидкие и твердые, собирает в виде них космическую энергию солнца. После своей смерти и во время процесса жизни, при газовом обмене, оно отдает назад в атмосферу те же газообразные части.

Несомненно это представление отвечает действительности. Генетическая связь жизни с газами биосферы чрезвычайно велика. Она даже глубже, чем это с первого взгляда кажется.

Газы биосферы всегда генетически связаны с живым веществом, и земная атмосфера им определяется в своем основном химическом составе.

Я уже указывал на это явление, когда говорил о значении газового обмена в создании и определении размножения организмов, т. е. проявления их геохимической энергии (§ 42).

Все количество газов, таких как свободный кислород и углекислота, которые находятся в атмосфере, состоит в динамическом равновесии, в вечном обмене с живым веществом.

Потерянные живым веществом газы немедленно в него возвращаются, и их вход и выход из организма не редко совершается почти мгновенно. Газовый ток биосферы теснейшим образом связан таким образом с фотосинтезом, с космическим источником энергии.

66. Все же возвращается сейчас же назад в живое вещество после его разрушения лишь бóльшая часть атомов, в нем бывших. Меньшая их часть — ничтожный их весовой процент—выходит на долгое время из жизненного процесса.

Этот небольшой процент вещества не является случайностью. Он повидимому постоянен и неизменен для каждого элемента.

Он возвращается назад в живое вещество иным путем, тысячелетия, миллионы лет спустя. В это промежуточное время выделившееся из живой материи вещество играет огромную роль в истории биосферы и даже земной коры вообще, т. к. значительная часть этих атомов выходит на долгое время *из пределов биосферы*..

Мы имеем здесь дело с новым процессом—с медленным проникновением внутрь планеты лучистой энергии солнца, достигшей его поверхности.

Этим путем живое вещество меняет биосферу и земную кору. Оно непрерывно оставляет в ней часть прошедших через него химических элементов, создавая огромные толщи неведомых помимо него вадозных минералов или пронизывая тончайшею пылью своих остатков косную материю биосферы. Оно, с другой стороны, своей космической энергией нарушает формы тех фреатических и ювенильных соединений, которые образовались помимо непосредственного его влияния (§ 140 сл.).

Вся земная кора целиком, на всю доступную нашему наблюдению глубину, изменена этим путем. Все глубже и глубже, в течение геологического времени, этим воздействием живого вещества проникает внутрь планеты измененная лучистая космическая энергия. Вадозные минералы, изменяясь в фреатические формы молекулярных систем, являются орудием этого переноса.

Косное вещество биосферы есть в значительной мере создание жизни, и в этом отношении были более по существу правы в своем представлении о ее геологическом значении натуралисты философы начала XIX века — Окен, Стеффенс, Ламарк,—чем геологи позднейших поколений.

Характерно, что такое влияние на все вещество биосферы—особенно создание толщ вадозных минералов – связано с деятельностью водных организмов. Постоянно идущее перемещение водных вместилищ в геологическое время распространяет получаемые этим скопления свободной химической энергии космического происхождения на всю планету.

Повидимому, все эти явления имеют характер установившихся равновесий и участвующие в них массы вещества также мало меняются, как мало меняется определяющая их, достигающая нашей земли, энергия солнца.

67. В конце концов в наружной оболочке—в биосфере—значительная масса ее вещества захватывается и собирается в живых организмах, является измененной под влиянием космической энергии солнца. Мы не можем точно измерить вес биосферы, но едва ли можно сомневаться, что в каждую данную минуту космически измененное активное живое вещество составляет десяток другой процентов ее веса [1]), а местами даже господствует над косной материей планеты.

Итак, появление и образование на нашей планете живой материи есть явным образом явление космического характера, и это чрезвычайно ярко проявляется в отсутствии абиогенеза, т. е. в том, что в течение всей геологической истории живой организм происходит из живого же организма, все организмы генетически связаны, и нигде мы не видим, чтобы солнечный луч мог захватываться и солнечная энер-

[1]) Процент атомов биосферы, захваченный жизнью, должен быть еще больше, так как легкие элементы резко преобладают в составе живого вещества.

гия превращаться в химическую вне ранее существовавшего живого организма.

Как мог образоваться этот своеобразный механизм земной коры, каким является охваченное жизнью вещество биосферы, непрерывно действующий в течение сотен миллионов лет геологического времени—мы не знаем. Это является загадкой, так же, как загадкой в общей схеме наших знаний является и сама жизнь.

ОЧЕРК ВТОРОЙ.

ОБЛАСТЬ ЖИЗНИ.

...В лучах огневицы развил он свой мир,
Земля зеленела, светился эфир...

Тютчев 1831.

68. **Биосфера — земная оболочка.** Значение живого в строении земной коры медленно вошло в сознание ученых и еще до сих пор обычно не оценивается во всем его объеме.

Только в 1875 году один из крупнейших геологов прошлого века, профессор Венского Университета Э. Зюсс, ввел в науку представление о биосфере, как об особой оболочке земной коры, охваченной жизнью. Он закончил этим медленно проникавшее в научное сознание представление о всюдности жизни и о непрерывности ее проявления на земной поверхности.

Введя новое понятие об особой земной оболочке, которая обусловлена жизнью, Зюсс высказал в действительности новое очень большое эмпирическое обобщение, всех последствий которого он не предвидел. Это обобщение только теперь начинает выясняться, благодаря новым научным достижениям, в его время неизвестным.

69. Биосфера составляет верхнюю оболочку одной из областей нашей планеты—земной коры.

Согласно имеющимся научным данным, необходимо различать в строении нашей планеты концентрически расположенные, резко отличные по своим физикохимическим свойствам, области. Повидимому, вещество этих областей отделено друг от друга и если переходит из одной области в другую, то этот переход совершается чрезвычайно медленно или временами и не является фактом ее текущей истории.

Каждая область представляет, повидимому, замкнутую, независимую от другой механическую систему.

Земля сотни миллионов лет, если не миллиарды их, находится, в общем, в одних и тех же термодинамических условиях. Неизбежно думать, что в ней за это время установились устойчивые неизменные равновесия вещества и энергии, там где не было внешнего (для механических систем ее составляющих) притока действенной энергии.

Надо думать, что в замкнутых областях земли мы имеем механические системы тем более совершенного равновесия, чем меньше к ним приток сторонней энергии.

Таких областей по крайней мере три: 1) ядро планеты, 2) промежуточный слой, называемый иногда „сима" и 3) земная кора.

70. Ядро земного шара имеет совершенно иной химический состав, чем та земная кора, в которой мы находимся. Возможно, что вещество ядра находится в особом газообразном состоянии (закритического газа), но наши представления о физическом состоянии вещества глубоких частей планет, находящихся под давлениями во многие десятки—если не сотни—тысяч атмосфер, очень гадательны. Допустимо нахождение этих тяжелых элементов или их простых соединений в ядре планеты и в твердом или вязком состоянии и в газообразном; мыслима для них и высокая температура—в тысячи градусов,—и низкая температура, близкая к температуре космического пространства. Обычно законность этого последнего допущения оставляется без внимания, вследствие чего оценка пределов нашего незнания искажается.

Иной и необычный для земной коры химический состав ядра следует из большого удельного веса планеты (5.7) по сравнению с удельным весом верхних оболочек земной коры (2.7). Ядро не может иметь удельный вес меньше 8[1]). Думают—и это возможно—что оно состоит из металлического железа и его металлических соединений.

Повидимому, представляется несомненным, что на глубине около 2900 километров от уровня океана наблюдается последнее изменение в механических свойствах веществ пла-

[1]) По А. Зибергу (1923), основывающемуся на представлениях Э. Вихерта, удельный вес ядра—9.1.

неты, учитываемое при толковании землетрясений. Его часто принимают за границу металлического ядра. Выше этой границы существует ряд других перерывов, и вполне возможно принимать за эту границу один из более близких к поверхности скачков в ходе свойств, глубины 1200 или 1600 килом.

71. Такое состояние наших знаний надо иметь в виду при оценке тех представлений о химизме ядра, которые распространены в современных научных картинах мира.

Сейчас возбудило внимание перенесение на эту область тех достижений, которые получены при изучении искусственных силикатовых расплавов, изверженных пород и строения метеоритов.

Основываясь на этих явлениях, В. Гольдшмидт (1922), а позже Г. Таммани пытаются ввести более конкретные представления о химизме земного ядра. По мнению Гольдшмидта, в нем можно различить два металлических слоя—верхний (1200—2900 кил.), богатый окисями и металлическими сернистыми телами (и их аналогами) и нижний—металлический элементарный (2900—6370 кил.).

Это представление логически связано с гипотезой обогненно-жидком состоянии нашей планеты, бывшем или настоящем; оно вытекает из наблюдений над расплавленными массами, изучаемыми в лаборатории, отчасти природными в термодинамических условиях земной коры.

Перенесение так установленных законностей в эту, далекую от земной коры, область ядра является догадкой. Не меньшей догадкой—одной из многих допустимых гипотез—является и само представление о бывшем некогда расплавленном—магматическом состоянии планеты.

Мы не выходим здесь из области научно недоказанных возможностей. Это часто забывают.

Столь же мало значения имеют в этой области и аналогии с метеоритами.

Изучение метеоритов начинает открывать нам в последнее время общие для них черты с основными породами глубоких частей земной коры; сходство это заслуживает большого внимания, но сейчас нет никаких данных переносить его за пределы коры в другие области планеты.

72. Промежуточная область земли, лежащая между ядром и корой, столь же мало нам доступна и мало известна, как и само ядро.

Очень распространено представление, что эта область богата кремнием, магнием, железом, аналогична магме основных пород нашей земной коры, и в связи с этим она была названа Э. Зюссом в его глубоком охвате геологической истории земли—областью „сима" (Si—Mg). Это название имело успех, но мы не должны забывать, что лежащее в его основе положение—есть лишь догадка.

По существу все наши знания об этой области ограничиваются тем, что мы можем вывести из наблюдений и толкований землетрясений. Представляется несомненным существование резкого изменения в свойствах среды, где распространяются волны землетрясений на глубине 1200—1600 метров от уровня океана. Можно принимать, что здесь лежит нижняя граница „сима".

Но больше мы никаких заключений отсюда делать не можем.

Верхняя граница симы с точностью нам неизвестна, и нет никаких оснований принимать для ее установления, как это иногда делают, сейсмические колебания. В таких случаях (напр., Б. Гутенберг, 1925) подымают ее почти до поверхности земли (меньше 10 километров для областей Тихого Океана) и действительно относят ее к частям земли, занятым, по нашим современным представлениям, Si—Mg—Fe основными породами [1]).

73. Такие представления выходят за пределы фактов и никакой опоры в них не имеют.

Едва ли можно думать, чтобы на глубинах многих сотен километров от земной поверхности существовали еще горячие магмы, и нет никаких оснований переносить в эти части планеты представления о химическом составе, основанные на химизме первой сотни километров. Кремнемагнезиальные магмы, и особенно эклогитовая оболочка, будто бы, ха-

[1]) В представлениях, часто высказываемых (В. Гольдшмидта или Б. Гутенберга, напр.), такими породами принимаются эклогиты; говорится иногда об эклогитовой оболочке. Это догадка, до сих пор не проверенная фактами и из них не вытекающая. Ничто не указывает на нахождение „эклогитов" за пределами земной коры.

рактеризующие область симы, представляются мне малоудачными попытками дать конкретное представление об явлениях, о которых у нас нет других данных, кроме того, что область их проявления механически отлична от земного ядра и земной коры, и что удельный вес ее вещества промежуточен по сравнению с удельным весом этих областей планеты (больше 3 и меньше 10).

Для определения верхней границы сима вообще не могут иметь большого значения данные сейсмических наблюдений, так как они для этих частей планеты не дают единой, ясной картины и явно указывают или на более сложное ее строение, или на большее проявление вызывающих землетрясения причин в среде, более близкой к месту их нахождения. Фокус механических нарушений, вызывающий сейсмические колебания, всегда лежит около земной поверхности, не выходит за пределы коры—ста километров, может быть их никогда не достигает и даже очень от них далек. Сейсмические явления—процессы *земной коры* и ярче всего отражаются в близких к ней частях планеты.

Но для этих частей планеты мы имеем уже другие данные, которые представляются не менее—скорее более—определенными с интересующей нас точки зрения.

74. Эти данные заставляют нас прежде всего оставить в стороне всякого рода представления о сима, как об области планеты, богатой свободной энергией.

Энергия ее по отношению к изучаемым нами явлениям может быть только потенциальной, проявление которой никогда не достигало и не достигает земной поверхности. Оно не достигало ее в течение всего геологического времени—сотен миллионов лет. Мы можем принимать это положение, как эмпирическое обобщение, подтверждаемое всей логической силой геологических наблюдений.

Другими словами, нет никаких данных, которые указывали бы, что сима не находится в состоянии химического безразличия, полного и неизменного в течение всего геологического времени устойчивого равновесия.

На возможность такого ее—и ядра—состояния указывает, во первых, то, что мы не знаем в изученных слоях земной коры ни одного научно установленного случая притока вещества из глубоких частей планеты, лежащих за пределами

земной коры, и, во вторых, и то, что нет ни одного на ней явления, в котором бы проявлялась предполагаемая в сима свободная энергия, напр., возможная ее высокая температура. Проникающая из глубин на земную поверхность свободная энергия—теплота—связана не с симой, а с атомной энергией радиоактивных химических элементов, повидимому, сосредоточенных, главным образом, в земной коре, в верхних слоях планеты, в условиях, позволяющих проявления их энергии в форме, способной производить работу.

Этому не противоречит и то явление, которое может быть положено в основу наших представлений о верхней границе сима, а именно, характер распределения тяготения в земной коре.

75. Среди тех явлений, какие мы наблюдаем на земной поверхности, это распределение дает нам возможность проникнуть внутрь планеты глубже, чем все другие, за исключением землетрясений.

Основным для него фактом является то, что оно связано с очень своеобразным и определенным строением верхней части нашей планеты. Распределение тяжести указывает на то, что большие участки коры разного удельного веса (от 1 для воды до 3.3 для основных пород) все сосредоточены только в верхней части планеты; они размещаются на ней так, что—в вертикальном разрезе—легкие участки компенсируются более тяжелыми и на некоторой глубине — на изостатической поверхности—устанавливается полное равновесие; ниже ее слои планеты оказываются на всем протяжении каждого слоя одного и того же удельного веса.

Логическим выводом отсюда является то, что ниже изостатической поверхности отсутствует возможность механических нарушений и химических различий в слоях одинаковой глубины—должно существовать полное равновесие вещества и энергии.

Изостатическую поверхность в виду этого удобно принять за нижнюю границу земной коры и за верхнюю границу сима. Она определяет очень важное свойство планеты: отделяет область изменений от области неизменных устойчивых равновесий.

Мы видели в первом очерке, что лик планеты—биосфера—верхняя оболочка этой области изменений—получает энергию,

вызывающую в ней изменения, из космической среды от солнца. Мы знаем и еще увидим, что в ней есть приспособления, которые передают эту действенную солнечную энергию в глубь биосфер.

Но в земной коре есть и другой источник свободной энергии—радиоактивная материя, производящая еще более мощные нарушения ее устойчивых равновесий.

Достигают ли радиоактивные атомы симы, мы не знаем, но кажется несомненным, что количество радиоактивных веществ не может быть в ней того же порядка, как в земной коре, так как иначе тепловые свойства планеты были бы совершенно иными; повидимому, радиоактивные вещества—источники свободной энергии нашей планеты—не идут в симу или быстро в ней сходят на нет.

76. Глубина изостатической поверхности точно неизвестна. Вначале ей придавали глубину в 110—120 километров. Более новые исчисления дают меньшие цифры, в 60 и 90 километров.

Повидимому, уровень ее в разных местах весьма различен и форма ее неизменно медленно меняется под влиянием источников свободной энергии, находящихся в земной коре, того, что мы называем геологическими изменениями.

Выше изостатической поверхности лежит та область планеты, которая была названа земной корой в связи с давними в геологии гипотезами, указывавшими, что на геологически изучаемой земной поверхности мы сталкиваемся со следами и остатками коры застывания когда то жидкой планеты. Это было связано с научными космогоническими гипотезами о прошлом земли, наиболее глубоким выражением которых явилась гипотеза маркиза де Лапласа, получившая широкое распространение в ученой среде, одно время переоценившей ее научную ценность. Однако, мало по малу выяснилось, что нигде в доступных нам слоях мы не встречаем следов такой первичной коры застывания, что геологически нигде не сказывается гипотетическое огненно-жидкое прошлое нашей планеты и что, на ряду с научными космогониями, его допускающими, могут существовать — с равным правом—научные космогонии, его отрицающие.

Но исторически вошедший в науку термин „земная кора" сохранился, получив иной смысл.

77. В этой земной коре мы различаем ряд оболочек, концентрически в ней распределенных, хотя поверхности их разграничения в общем не являются шаровыми.

Каждая концентрическая оболочка характеризуется своими, в значительной мере независимыми и замкнутыми системами динамических равновесий — физическими и химическими. Разграничение отдельных оболочек иногда затруднительно, повидимому в связи с крупными пробелами наших знаний.

Более точно можем мы это делать для верхних частей твердой фазы планеты и для нижних газообразных. На глубину в 16—20 километров от земной поверхности, на высоту в 10—20 километров от нее к нам доходят или доходили химические соединения. Изучение геологического строения земли указывает, что не дальше указанных глубин образовались самые глубокие нам известные массивные породы. Мощность в 16 километров отвечает толще осадочных и метаморфических пород. Можно думать, что химический состав верхних 16—20 километров обусловлен теми же геологическими процессами, какие мы сейчас изучаем. Этот состав нам в общих чертах точно известен.

За этими пределами наши знания становятся значительно менее точными, не только от того, что мы не можем сейчас точно установить вещество, к нам оттуда доходящее, но и потому, что состояния вещества в этих пределах высоких и низких давлений нам, несмотря на большие успехи опытных наук, во многом неясны.

Но несомненно, здесь мы стоим на прочной почве — развитие наших знаний идет медленно, но неуклонно. И, очевидно, наши старые представления о земной коре подвергаются коренному пересмотру, который только что начинается.

78. С этой точки зрения необходимо отметить три, важных для понимания строения земной коры, вырисовывающихся явления.

Во первых, в высоких слоях газовой оболочки планеты вещество находится в состоянии, резко отличном от того, какое мы привыкли видеть вокруг нас. Может быть, мы имеем здесь дело (выше 80—100 километров) с областью планеты, отличной от земной коры. Здесь—в разреженной материальной среде—в форме электронов и ионов

сосредоточены огромные запасы свободной энергии, значение которой в истории планеты нам неясно.

Затем представляется сейчас почти несомненным, что сплошное огненно-жидкое состояние внутренних слоев планеты, проявлением которого считали выливающиеся на земную поверхность вулканические породы, не существует. Необходимо допустить существование больших или малых участков магмы, т. е. переполненного газами вязкого жидкого горячего (600—1000° С) силикатового расплава среди преобладающей твердой или полутвердой вязкой горячей оболочки. Ничто не указывает, чтобы очаги магмы проникали всю земную кору, и чтобы температура всей коры была столь же высока, как температуры этих горячих богатых газами расплавов.

Третье явление только что начинает выясняться и, повидимому, менее значительно по своим следствиям.

Сейсмические наблюдения указывают на одну границу в земной коре, которую иногда (R. Daly 1923) принимают за ее отграничение от симы. Перерыв в физических свойствах наблюдается на глубине, не много превышающей 40 километров, в среднем на глубине, 35 килом., причем эта граница проходит под океанами глубже, чем под континентами [1]). Дэли высказывает весьма вероятную гипотезу, что здесь проходит граница твердого кристаллического вещества; ниже известные нам наиболее глубинные породы (базальтовые), по его мнению, должны находиться в состоянии стекла.

Существование „стеклянной" оболочки очень вероятно, как на основании приводимых Дэли соображений, так и других [2]), но нет оснований относить ее за пределы земной коры.

79. Выяснение существований земных оболочек шло эмпирическим путем в течение долгого времени. Некоторые

[1]) По Г. Ангенгейстеру (1921) под Евразией на глубине 28 килом,— под Тихим Океаном на глубине 41 кил.

[2]) Интересно сопоставить с ее возможным существованием нахождение стеклянных „тектитов", отрицаемое многими космическое происхождение которых все же является наиболее вероятной из предложенных теорий их происхождения. Необходимость основного (базальтического) стекла отнюдь не является логически неизбежной—возможно и кислое (гранитное). Ср. § 86.

из них, например, атмосфера, установлены столетия назад и их существование вошло в обиход текущей жизни.

Но лишь в конце XIX, в начале XX столетия были уловлены основания их выделения, и до сих пор понимание их значения в строении земной коры не вошло в общее научное сознание.

Их выделение тесно связано с химией земной коры и их существование является следствием того, что все химические процессы земной коры подчиняются одним и тем же законам равновесия.

Благодаря этому, в чрезвычайной сложности химической структуры земной коры все же всюду проявляются и бросаются в глаза общие черты, позволяющие различать в сложных природных явлениях—эмпирическим путем—основные их состояния, и классифицировать те сложные системы динамических равновесий, которым, в таком упрощенном представлении, отвечают земные оболочки.

Законы равновесий в общей математической форме были выявлены Гиббсом (1884—1887), который свел их к соотношениям, могущим существовать между характеризующими химические или физические процессы независимыми переменными, каковыми являются температура, давление, физическое состояние и химический состав принимающих участие в процессах тел.

Выделенные эмпирическим путем земные оболочки почти все оказались установленными как раз на основании различия этих характеризующих явления равновесия независимых переменных. Можно отметить среди них термодинамические оболочки, определяемые величинами температуры и давления, фазовые оболочки, характеризуемые физическим состоянием (твердым, жидким и т. д.) входящих в их состав тел, и, наконец, химические оболочки, отличающиеся своим химическим составом.

В стороне осталась только оболочка, выделенная Э. Зюссом—биосфера. Несомненно, все ее реакции подчиняются законам равновесий, но они заключают новый признак, новое независимое переменное, не принятый во внимание Гиббсом.

80. Обычно принимаемые во внимание независимые переменные неоднородных равновесий, изучаемых в наших хи-

мических лабораториях—температура, давление, состояние и состав вещества—не охватывают всех их форм. Гиббс математически изучал уже электродинамические равновесия. Огромное значение имеют в природных земных равновесиях разнообразные поверхностные силы. Большое внимание обратили на себя в химии явления фотосинтеза, где независимой переменной является лучистая световая энергия. В явлениях кристаллизации мы учитываем векториальные кристаллические энергии—внутреннюю, напр., в двойниках, и поверхностную—во всех кристаллах.

Вводя в физикохимические процессы земной коры световую солнечную энергию, живые организмы, однако, по существу и резко отличаются от остальных независимых переменных биосферы. Подобно им они меняют ход ее равновесий, но в отличие от них, они представляют особые автономные образования, как бы особые вторичные системы динамических равновесий, в первичном термодинамическом поле биосферы.

Автономность живых организмов является выражением того факта, что термодинамическое поле, им свойственное, обладает совершенно иными параметрами, чем те, которые наблюдаются в биосфере. В связи с этим организмы—многие очень резко—удерживают свою температуру в среде другой температуры, имеют свое внутреннее давление. Они обособлены в биосфере, и ее термодинамическое поле имеет для них значение только в том смысле, что определяет область существования этих автономных систем, но не внутренное их поле.

С химической точки зрения их автономность резко сказывается в том, что химические соединения, в них образуемые, обычно не могут получиться вне них в обычных условиях косной среды биосферы. Попадая в условия этой среды, они неизбежно оказываются неустойчивыми, в ней разлагаются, переходят в новые тела и этим путем являются в ней нарушителями ее равновесия, источником свободной в ней энергии.

Они получаются в живом веществе нередко в условиях, резко отличных от тех, которые мы наблюдаем в биосфере. В последней, например, никогда не может итти и никогда не наблюдается разложение молекул углекислоты и воды—один

из основных биохимических процессов. На нашей планете он может идти только в глубоких областях магмосферы, вне биосферы. В наших лабораториях мы его можем производить только при высоких, несуществующих в биосфере температурах. Ясно, что термодинамическое поле живого вещества резко отлично от термодинамического поля биосферы, как бы мы это отличие ни объясняли. Эмпирически, живые организмы могут быть описываемы, как особые, чуждые биосфере, в ней отграниченные термодинамические поля ничтожных по сравнению с ней размеров, несущие энергию солнечного луча и им в ней создаваемые... Их размеры колеблются в пределах от $n \times 10^{-10}$ до $n \times 10^{-8}$ квадратных сантиметров.

Как бы мы ни объясняли их существование и их образование в биосфере, несомненным фактом является изменение всех химических равновесий в биосфере в их присутствии, причем общие законы равновесий не нарушаются, и живые существа, взятые в совокупности, т. е. живое вещество им отвечающее, могут быть рассматриваемы, как особая форма независимых переменных энергетического поля планеты.

81. Это влияние живых существ теснейшим образом связано с их питанием, с их дыханием, с их разрушением и с их умиранием, т. е. с теми процессами жизни, при которых химические элементы в них входят и из них выходят.

Эмпирически несомненно, что химические элементы, вступая в живой организм, попадают в такую среду, аналогичной которой они не находят нигде в другом месте на нашей планете.

Мы выражаем это явление, говоря, что вступая в организмы химические элементы попадают в новую форму нахождения.

Вся их история в этой форме нахождения чрезвычайно резко отличается от их истории в других частях нашей планеты. Ясно, что это отличие связано с глубоким изменением атомных систем в живом веществе. Есть веские основания думать, что в нем химические элементы не дают смесей изотопов.

Одно время—многие и до сих пор—приводили в связь особенность истории химических элементов в живом веще-

стве с огромным преобладанием в нем дисперсного состояния соединений элементов, их коллоидальных систем, но такие же коллоидальные системы наблюдаются и в других случаях в биосфере и явно не связаны с живыми организмами. По нашим современным представлениям дисперсные системы всегда связаны с молекулами и едва ли поэтому могут так резко отличаться от других молекулярных систем, чтобы давать в истории атомов особую форму их нахождения.

82. Понятие—формы нахождения химических элементов—было введено мною (1921), как эмпирическое обобщение. Под этим именем я подразумеваю такие особые участки термодинамических полей нахождения атомов, в которых наблюдаются резко различные их проявления, сводимые по нашим современным представлениям к различным особым комплексам атомов, иным для каждой из форм их нахождения. Очевидно, что форм нахождения химических элементов может быть очень много и что далеко не все из них могут наблюдаться в термодинамических полях нашей планеты.

Так несомненно, атомы звездных систем должны наблюдаться в особых состояниях, невозможных на земле, и мы видим, что им придают такие особые состояния, например, для объяснения их спектров (ионизированные атомы Сага) или для полученных наблюдением, масс некоторых звезд. Для объяснения этих последних необходимо допустить сосредоточение в их кубическом сантиметре тысяч и даже десятков тысяч граммов вещества (Эддингтон) [1]. Эти звездные состояния атомов очевидно представляют формы их нахождения, отсутствующие в земной коре. Другие у нас отсутствующие формы их нахождения могут и должны наблюдаться на солнце, в солнечной короне (газ из электронов), в туманностях, кометах, в земном ядре...

[1]) Так для звезды В Сириуса плотность материи должна быть равна 53000. Можно думать, что, принимая динамические представления Н. Бора-Рутерфорда—(как известно эти модели являются лишь приближением к реальности), орбиты электронов будут лежать ближе к ядру, чем это имеет место для обычных атомов (Ф. Тирринг. 1925). Наблюдаемое смещение красной части спектра В Сириуса подтверждает эту огромную плотность: вычисленные для тел такой плотности на почве теории относительности смещения спектральных линий отвечают наблюдаемым (W. Adams. 1925).

83. Мы выделяем живые вещества, как особые формы нахождений атомов чисто эмпирически, не имея пока возможности точно представить себе, какие изменения испытывают вступающие в них атомы (§ 81).

Однако, полное соответствие этой формы нахождения атомов в земной коре с другими, несомненно особыми, их в ней нахождениями заставляет думать, что дальнейшие исследования выявят те изменения, какие воспринимают атомные системы, входя в живое вещество.

Различные формы нахождения атомов выделяются эмпирически. Они отличаются одновременно: 1) характерным для каждой формы особым термодинамическим полем, 2) особым атомным проявлением, 3) резко отличной геохимической историей элемента и 4) определенным, часто свойственным только данной форме отношением атомов разных элементов друг к другу.

84. В земной коре можно отличить четыре разных формы нахождения химических элементов, через которые они проходят в течение хода времени, и которые определяют их историю.

Эти четыре формы суть следующие: 1) горные породы и минералы, где преобладают стойкие и неподвижные молекулы и кристаллы комбинаций элементов, 2) магмы—вязкие смеси газов и жидкостей—находящиеся в состоянии подвижной смеси диссоциационных атомных систем, в которой отсутствуют и кристаллы, и молекулы нашей химии [1]), 3) рассеяния элементов, когда отдельные элементы находятся в свободном состоянии, отделенными друг от друга. Очень возможно, что элементы при этом являются в некоторых случаях ионизированными или потерявшими часть своих электронов [2]). Это особое состояние атомов, отвечающее лучистой материи Фарадэя и Крукса, и наконец, 4) живое вещество, состояние атомов в которых неясно; мы обычно представляем себе эти атомы в состоянии молекул, диссоциационных систем

[1]) Одну из форм магм, а может быть самостоятельную форму нахождения элементов представляют стекла высокой температуры и высокого давления (§ 86).

[2]) Может быть эти два состояния элементов представляют разные формы нахождения.

ионов, рассеянных нахождений. Такие представления кажутся мне явно эмпирически недостаточными. Очень вероятно, что в живом организме помимо изотопов (§ 81) играет известную, не принимаемую нами во внимание, роль симметрия атомов (симметрия атомных полей).

85. Формы нахождения атомов (элементов) играют в неоднородных равновесиях ту же самую роль, как и другие независимые переменные—температура, давление, химический состав, физические состояния вещества (фазы).

Подобно им они характеризуют меняющиеся с глубиной концентрические оболочки земной коры.

К указанным (§) термодинамическим, фазовым и химическим оболочкам мы должны прибавить, благодаря этому, особые оболочки по форме нахождения химических элементов. Можно назвать их парагенетическими оболочками, т. к. в широких чертах они, главным образом, определяют парагенезис элементов, т. е. законы их совместного нахождения.

Биосфера и является одной из таких парагенетических оболочек, наиболее нам доступной и известной.

86. Представление о строении земной коры из определенных термодинамических, химических, фазовых и парагенетических оболочек является одним из типичных эмпирических обобщений.

Оно сейчас не „имеет объяснения“, т. е. не связано ни с одной теорией образования земли и ни с какими моделями наших представлений о мире.

Из всего ранее сказанного несомненным, однако, представляется, что такое строение является результатом взаимодействия космических сил, с одной стороны, вещества и энергии нашей планеты, с другой, при чем и характер вещества—количественные соотношения элементов, напр.,—не являются случайным явлением и не связаны только с геологическими причинами.

Это эмпирическое обобщение—схематически представленное в таблице I—мы положим в основу всего нашего дальнейшего рассмотрения [1]).

---

[1]) Мне представляется несомненным, что придется выделить еще пятый тип оболочек—лучистые—связанные с характером радиаций, значение которых выявляются в биосфере на каждом шагу. Об этом см. § 101.

ТАБЛИЦА 1.

Земные оболочки

I. Термодинамические оболочки	II. Фазовые оболочки.	III. Химические оболочки	IV. Парагенетические оболочки
1. Верхняя оболочка Область ничтожного давления и низкой температуры 15—600 km. (м. б. выше 100 km. другая область планеты).	*1. Высокая стратосфера* Разреженные газы. Твердая? пыль. Ионы. Электроны выше 80—100 km.	*1. Водородная?* М. б. распыленный „твердый" азот. Выше 200 km.	*1. Атомная оболочка* Область рассеяния элементов. Свободные атомы являются устойчивой формы.
	2. Стратосфера Разреженные газы, книзу переходят в обычную тросферу. Выше 10—15 km.	*2. Гелиевая?* 110—200 km. Азотная переходит?	
		3. Азотная? > 70 km.?	
2. Поверхностная оболочка Давление близкое к одной атмосфере. Температура в пределах $+50^{\circ} - 50^{\circ}$.	*3. Тропосфера* (Обычный газ) 0—10 15 km.	*4. Азотно-кислородная (атмосфера)*	
	4. Жидкая гидросфера 0—35 km.	*5. Водяная* Преобладает вода. 0—3,5 km.	*2. Биосфера.*
	5. Твердая (литосфера) Характеризуется кристаллическим состоянием вещества.	*6. Кора выветривания* Характеризуется свободным кислородом, водой, углекислотой.	

88

3. Верхняя метаморфическая оболочка (Область цементации) Температура еще не достигает критической температуры воды. Давление не нарушает коренным образом свойств твердого тела.		*7. Осадочная оболочка* Измененная древняя кора выветривания. До 5 и больше km.	*3. Область молекул и кристаллов*
4. Нижняя метаморфическая оболочка (Область анаморфизма) Температура выше критической температуры воды. Давление делает вещество пластическим.	*6. Стекловатая* Твердое кристаллическое состояние вследствие высокой температуры и давления отсутствует. Пластическое стекло проникнутое газами.	*8. Гранитная оболочка* (Пара- и ортограниты)	
5. Магмосфера Температура не достигла критического состояния всех тел? Граница земной коры?	*7. Магматическая* Вязкая жидкость проникнутая газом в горячей твердой среде?	*9. Базальтовая*	*4. Молекулы и стекло в состоянии диссоциации?*
6. Барисфера Температура достигла критического состояния для всех тел?			
	8. Газ под большим давлением? Закритический газ?	*10. Кремне-железная?*	

87

Эта таблица, как всякое эмпирическое обобщение, должна была бы рассматриваться, как первое приближение к изложению реальности, подлежащее дальнейшим изменениям и дополнениям. Ее значение тем больше, чем больше тот фактический эмпирический материал, на котором она строится.

В этом отношении значение ее очень неравномерно.

Для значительной части первой—верхней—термодинамической оболочки (и отвечающим ей связанным с другими независимыми переменными оболочками), а также для пятой термодинамической и ниже—наши знания основаны на очень малом числе фактов и связаны с нарушающими эмпирическое обобщение коньюнктурами и экстраполяциями.

Поэтому в этой области явлений наши знания очень не надежны и быстро меняются с ходом научного развития. Мы можем здесь ждать, в связи с ростом физических наук в ближайшие годы, больших новых достижений и изменений господствующих воззрений.

Точная граница между оболочками не может быть в большинстве случаев указана. Все указывает, что поверхности, разделяющие оболочки, меняются с ходом времени; иногда эти изменения идут быстро.

Форма их очень сложная и неустойчивая [1]).

Для тех вопросов, какие затрагиваются в этих очерках, такой характер наших знаний в этих частях схемы не имеет большого значения, т. к. биосфера всецело лежит вне этих оболочек земной коры в той части таблицы, которая основана на огромном эмпирическом материале и свободна от гипотез, угадок, коньюнктур и экстраполяций.

87. Из всех факторов, определяющих химические равновесия, температура и давление—и отвечающие им термодинамические оболочки — имеют особое значение. Ибо они всегда существуют для всех форм нахождения вещества, для всех его состояний и химических комбинаций. Наше построение космоса — его модель — всегда термодинамическое.

[1]) Базальтическая оболочка подымается под океанами и может быть здесь лежит на глубине, недалекой от 10 километров для Тихого Океана; она лежит глубже для Атлантического. Некоторые исследователи сильно увеличивают толщину гранитной оболочки под континентами (по Б. Гутенбергу больше 50 километров под Европой и Азией).

Поэтому в истории земной коры важно различать происхождение вещества и связанные с ним явления, исходящие из разных термодинамических оболочек.

Во всем дальнейшем изложении я буду называть в а д о з н ы м и явлениями тела, связанные со 2-й термодинамической оболочкой (поверхностной), ф р е а т и ч е с к и м и, связанные с 3 и 4 (метаморфическими) и ю в е н и л ь н ы м и, связанные с 5-й.

Вещество из 1-ой и 6-ой термодинамических оболочек не попадает или не замечено в биосфере.

88. **Живое вещество первого и второго порядка в биосфере.** Пределы биосферы обусловлены прежде всего п о л е м с у щ е с т в о в а н и я ж и з н и. Жизнь может проявляться только в определенной среде, в определенных физических и химических условиях.

Это как раз та среда, которая отвечает биосфере.

Но едва ли можно сомневаться, что поле устойчивости жизни выходит за пределы этой среды. Мы даже не знаем, как далеко оно может выйти за них, так как мы не можем количественно оценить силу п р и с п о с о б л я е м о с т и организмов в течение геологического времени. Мы знаем, что приспособляемость зависит от течения времени, есть функция времени—и что она проявляется в биосфере в теснейшей связи с сотнями миллионов лет ее существования. Этих миллионов лет нет в нашем распоряжении, и мы не можем их пока ничем иным заменить в наших опытах.

Все наши опыты над живыми организмами производятся над телами, которые в безмерном времени [1]) приспособились к окружающим условиям—к биосфере,—выработали нужные для жизни в ней вещества и их строения. Мы знаем, что эти вещества меняются в течение геологического времени и пределы этого изменения нам неизвестны и не могут быть сейчас выведены из изучения их химического характера [2]).

---

[1]) „Безмерность"—понятие антропоцентрическое. В действительности здесь явно существуют пока не уловленные закономерности—определенная длительность эволюции живого вещества в биосфере (больше 10^9 лет?)

[2]) Очень часто ищут пределов жизни в физических и химических свойствах составляющих организм химических соединений, напр., белков, которые свертываются при 60—70°. Однако, при этом не принимают во внимание сложность возможных приспособлений организма. И некоторые белки в сухом виде не меняются при 100° (Ш е в р е й л ь).

Основным для нас выводом является то, что жизнь в земной коре охватывает область оболочек, меньшую, чем поле ее возможного существования, несмотря на то, что изучение природы прочно утвердило и постоянно подтверждает наше убеждение, что жизнь к этим условиям приспособилась, что организмы в смене веков выработали разнообразные формы организации, позволяющие им существовать в биосфере.

Лучше всего мы можем выразить это наше впечатление от изучения природы—это лежащее в основе всей нашей научной работы неосознанное эмпирическое обобщение—утверждением, что жизнь постепенно, медленно приспособляясь, захватила биосферу и что захват этот не закончился (§ 110, 120). Давление жизни (§ 27, 51) сказывается в этом превышении поля жизни по сравнению с полем биосферы.

Поле устойчивости жизни, в связи с этим, есть результат приспособляемости в ходе времени. Оно не есть что-нибудь неизменное и неподвижное—пределы его не дают нам полного представления о возможных пределах проявлений жизни.

Оно, как указывает изучение палеонтологии и экологии, постепенно, медленно расширяется.

89. Поле существования живых организмов определяется не только физико-химическими свойствами их вещества, характером и свойствами окружающей их внешней среды, приспособляемостью организма к этим условиям.

Для них чрезвычайно характерны и важны условия их дыхания и их питания, т. е. активного выбора организмами необходимых для их жизни веществ.

Мы уже видели огромное значение газового обмена организмов—их дыхания—в установлении их энергетического режима и общего газового режима планеты, ее биосферы.

Оно же вместе с питанием организмов, т. е. с передвижением силой их энергии жидких и твердых веществ из окружающей среды в автономное поле организма (§ 76), определяет прежде всего и области их нахождения.

Я уже касался этого явления, когда указывал на захват солнечной энергии зелеными организмами (§ 42).

Здесь мы должны остановиться на нем внимательнее.

В явлениях питания и дыхания организмов основным элементом является источник, откуда берут организмы нужные для их жизни вещества.

С этой точки зрения организмы делятся на две резко различные группы—на живое вещество первого порядка—автотрофные организмы, которые в своем питании независимы от других организмов, и живое вещество второго порядка—гетеротрофные и миксотрофные организмы. Деление организмов по их питанию на три группы было введено в 1880-х годах немецким физиологом Пфеффером и является крупным эмпирическим обобщением, богатым разнообразными следствиями. Его значение в понимании природы более велико, чем это обычно думают.

Автотрофные организмы строят свое тело целиком из веществ косной, „мертвой", природы; все их „органические" соединения, содержащие азот, кислород, углерод, водород, составляющие главную массу их тела, берутся из минерального царства. Гетеротрофные организмы используют, как пищу для жизни, органические соединения, созданные другими живыми организмами. В конце концов для их существования необходима предварительная работа автотрофных организмов. В частности их углерод и азот в значительной или в полной мере получается из живого вещества. В миксотрофных организмах пищей—по отношению к углероду и азоту—источником их служат их соединения, созданные как живым веществом, так и химическими реакциями косной материи.

90. Несомненно вопрос об источнике, откуда организмы получают нужные им для жизни тела более сложен, чем это представляется с первого взгляда—но думается, что указанное Пфеффером деление есть коренная черта всей живой природы.

Нет ни одного организма, который бы в своем дыхании и питании не был бы связан, хотя бы отчасти, с косной материей. Выделение автотрофных организмов основано на том, что они для всех химических элементов независимы от живого вещества, могут их все получать из окружающей их косной—не живой—среды.

Они берут нужные им для жизни элементы из определенных молекул, соединений элементов.

Но, в конце концов, в среде живого в биосфере огромное количество составляющих ее молекул, необходимых для жизни, является продуктом этой последней и без нее не находилось бы в косной среде. Таков, например, целиком свободный кислород—O_2—и в огромной мере почти все газы—такие как CO_2, NH_3, H_2S и т. д. Не меньше участие жизни в создании природных водных растворов. С этими водными растворами неразрывно, однако, связаны явления питания и дыхания. Эта природная вода, а не вода химически чистая, необходима для жизни не меньше, чем газовый обмен.

Принимая во внимание это глубокое отражение жизни на характере химических тел косной материи, в среде которой она проявляется, мы должны ограничить независимость от нее автотрофных организмов. Нельзя делать логического заключения—очень обычного,—что наблюдаемые ныне автотрофные организмы могли бы одни существовать на нашей планете. Они не только всегда зарождаются от таких же автотрофных организмов, но они получают нужные им для существования элементы из таких форм косной материи, которые бы отсутствовали, если бы жизнь организмов их уже не создала раньше.

91. Так зеленые автотрофные организмы требуют для своего существования присутствия свободного кислорода. Этот свободный кислород создается ими самими из воды и углекислоты. Он всегда является биохимическим продуктом в косной материи биосферы.

Но больше того, мы не можем утверждать, что только он один из необходимых для них тел всецело связан в своем существовании с жизнью.

Сейчас Боттомлеем, напр., поставлен вопрос о необходимости для существования водных зеленых растений растворенных в воде сложных органических соединений—ауксономов, как он их назвал. Хотя это утверждение не может считаться вполне установленным, оно чрезвычайно вероятно, т. к. постепенно все больше и больше выясняется значение в картине природы тех незаметных и обычно забываемых нами примесей органических соединений, которые мы находим всегда во всякой природной воде, пресной или соленой. Все эти органические вещества, количество которых—ежесекундно существующее и создающееся в биосфере—исчисляется

многими квадрильонами тонн—может быть больше—создаются жизнью, и мы не можем утверждать, что они связаны в своем происхождении только с автотрофными организмами. Напротив—мы на каждом шагу видим огромное значение богатых азотом соединений этого рода, создаваемых гетеротрофными и миксотрофными организмами как в питании организмов, так и в создании минералов (битумы).

В картине природы мы постоянно видим даже без химического анализа проявление этих тел. Они вызывают морскую или иную пену природной воды, их проявлением являются тонкие цветные пленки, покрывающие непрерывно сотни тысяч—миллионы—квадратных километров водных поверхностей, они дают окраску болотных, тундровых рек и озер, черных и бурых рек тропических и подтропических областей. От них не свободен ни один организм—не только тот, который живет в этих водах—но и зеленый покров суши, получающий непрерывно эти тела в дождях и росах, а главным образом в почвенных растворах.

В природных водах количество органических растворенных (частью дисперсных) тел сильно колеблется в пределах от 10^{-6} до $10^{-2}\%$. В среднем оно, очевидно, близко к их проценту в морской воде, т. е. отвечает 10^{18}—10^{20} тонн. Оно, повидимому, превышает массу живого вещества.

Представление о их значении входит медленно в научное сознание. У старых натуралистов мы часто находим понимание этого грандиозного явления, иногда в самой неожиданной для нас обстановке.

В 1870-х годах в небольшой заметке гениальный натуралист Р. Майер указал на их значение в составе целебных вод и в общей экономии природы. Изучение происхождения вадозных и фреатических минералов расширяет их роль еще глубже и значительнее, чем высказывал это Майер.

В обстановке этого движения идей нахождения Боттомлея приобретают особое значение.

92. Но биохимический генезис тех тел косной природы, которые необходимы для существования автотрофных организмов, не меняет огромного их отличия от организмов гетеротрофных и миксотрофных. Мы должны только более ограниченно понимать автотрофность и не выходить в наших суждениях за его пределы.

Мы будем называть автотрофными все организмы, которые берут все нужные им для жизни химические элементы в современной биосфере из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых органических соединений другого организма.

Как всегда в определениях природных явлений, мы не можем охватить—в кратком определении—все явление целиком. Мыслимы переходы или сомнительные случаи, напр., для сапрофитов, питающихся умершими и разложившимися организмами. Однако, для сапрофитов—почти всегда, а может быть даже всегда, основная пища состоит из проникающих трупы и остатки организмов живых микроскопических созданий.

Принимая понятие „автотрофного" организма ограниченным современной биосферой, мы тем самым исключаем возможность делать из него выводы о прошлом земли—о возможности начала жизни на земле в виде тех или иных из автотрофных организмов.

Ибо несомненно, что для всех существующих автотрофных организмов (§ 91) необходимо уже присутствие в биосфере продуктов жизни.

93. Различие между живым веществом 1-го и 2-го порядка резче всего сказывается на их нахождении в биосфере. Область нахождения живого вещества 2-го порядка, связанного в своем существовании—в своей пище—с автотрофными организмами, всегда шире местообитания этих последних.

Среди автотрофных организмов можно различить две резко отличных группы—с одной стороны, зеленые хлорофилльные организмы, зеленые растения—с другой, мир мельчайших, быстро размножающихся бактерий.

Мы уже видели, что зеленые хлорофилльные организмы являются главным механизмом биосферы, который улавливает солнечный световой луч и создает фотосинтезом те химические тела, энергия которых в дальнейшем является источником действенной химической энергии биосферы, а в значительной мере всей земной коры.

Поле существования этих зеленых автотрофных организмов прежде всего определяется областью проникновения солнечных лучей (§ 22).

Их масса очень велика по сравнению с массой остального животного вещества, может быть близка к его половине (§ 46).

Мы видим в них приспособления, которые позволяют улавливать ничтожные по интенсивности излучения света, использовывать его до конца (§ 22).

Возможно, что временами были ослабления и усиления количества создаваемого ими зеленого вещества, хотя это, очень часто высказываемое, мнение не может еще считаться точно установленным.

Огромная масса вещества, ими захваченная, их всюдность, проникновение их всюду, куда проникает солнечный луч, часто заставляет видеть в них основную базу жизни. Допускают, что в течение геологического времени из них образовались многочисленные организмы, создающие живую материю второго порядка. И сейчас все существование всего животного мира, огромного количества бесхлорофилльных растительных организмов — грибов, бактерий — целиком ими обусловлено.

Они производят в земной коре самую важную химическую работу—создают свободный кислород, разрушая при фотосинтезе такие стойкие кислородные тела, всюду находящиеся, каковыми являются вода и углекислота. Ту же работу они несомненно производили во все далекие геологические периоды. Явления выветривания явно указывают нам на ту же исключительную роль свободного кислорода в археозое, какую он и сейчас играет в современной биосфере. Состав продуктов выветривания, их количественные соотношения, как мы это можем установить, был и в археозое тот же, какой наблюдается сейчас. Очевидно и источник свободного кислорода был тот же—зеленый растительный мир. Вся масса свободного кислорода была того же порядка, что мы видим и ныне. Мало могли отличаться от современного и в эту далекую, чуждую нам эпоху—сотни миллионов лет назад—и количество зеленого вещества, и энергия порождающего их солнечного луча (§ 57).

Для археозоя мы не имеем остатков зеленых организмов. Они непрерывно идут, начиная с палеозоя, и указывают на необычайно резкое развитие вплоть до нашего времени бесчисленного множества их форм, число которых в наше время, повидимому, не меньше 200000 видов, а количество всех видов,

существующих и существовавших на нашей планете,—число не случайное—не может быть сейчас учтено, т. к. относительно небольшое число ископаемых их видов (несколько тысяч) выражает только неполноту наших знаний. Оно быстро увеличивается с каждым десятилетием, даже с каждым годом.

94. Гораздо меньшие количества живого вещества собраны в форме автотрофных бактерий.

В то время как существование зеленых автотрофных организмов стало ясным в конце XVIII, в начале XIX века и в 1840 годах, благодаря работам Буссенго, Дюма, Либиха, вошло в научное сознание—существование автотрофных, не связанных с солнечным лучом, лишенных хлорофилла бактерий было открыто в конце XIX столетия С. Н. Виноградским и не оказало пока того влияния на научную мысль, какое можно было ожидать. Организмы эти играют огромную роль в геохимической истории серы, железа, азота, углерода—но они не очень разнообразны; известно едва ли больше ста видов—и по своей массе—да и по своему значению — они не сравнимы с зелеными растениями.

Правда они рассеяны всюду; мы их находим в почвах, в иле водных бассейнов, в морской воде; но нигде нет тех их количеств, которые были бы сравнимы с количеством автотрофной зелени суши, не говоря уже о зеленом планктоне мирового океана. А между тем геохимическая энергия бактерий гораздо выше той же энергии зеленых растений, превышает ее в несколько раз—иногда в десятки и сотни раз, является максимальной для живых веществ. Правда кинетическая геохимическая энергия, вычисленная на гектар, будет в конце концов одинакова для одноклеточных зеленых водорослей и для бактерий—но в то время, как водоросли могут достигнуть наибольшего стационарного состояния в десятки дней — бактерии в благоприятных условиях достигают их в десятки раз быстрее—в $1^1/_2$—2 суток.

95. Наблюдений над размножением автотрофных бактерий у нас очень мало. Повидимому (Рейнке), они размножаются медленнее других бактерий; наблюдения над железными бактериями (Н. Г. Холодный) не противоречат этому утверждению. Так, эти бактерии делятся 1—2 раза в сутки (Δ=1—2), тогда как такое деление для обычных бактерий может наблюдаться только при неблагоприятных условиях их жизни,

т., напр., Bacillus ramosus, живущий в реках, дающий при благоприятных условиях не менее 48 поколений в сутки, дает при низких температурах всего 4 поколения (Уорд. 1925).

Если даже такое понижение быстроты размножения автотрофных бактерий по сравнению с другими бактериями окажется общим явлением для них всех, все же быстрота их размножения будет отвечать наибольшей, но не средней скорости передачи жизни зеленых одноклеточных растений. Надо было бы ждать поэтому, что их количества будут гораздо больше масс зеленых организмов, и что то явление, какое мы наблюдаем в море для одноклеточных водорослей (§ 51)—их преобладание над зелеными метафитами—будет существовать для бактерий по сравнению с зелеными протистами.

96. В действительности этого нет. Причина малого скопления живой материи в этой форме жизни очень аналогична причине, обусловливающей преобладание зеленых метафитов над зелеными протистами на суше (§ 49).

Их чрезвычайная всюдность, проникновение ими, напр., всех толщ океана—далеко за пределы тех слоев, куда проникает солнечный луч,—заставляет думать, что причина относительно малых их количеств в биосфере, выявляющаяся для всех столь различных их разностей, как бактерии азотные, серные или железные, должна быть причиной не частного, а общего характера.

Такую причину можно видеть в совершенно особых условиях их питания, т. е. в условиях возможности их существования.

Все они получают нужную им для жизни энергию, окисляя не вполне окисленные или неокисленные соединения азота, серы, железа, марганца, углерода в их высшие степени окисления. Но нужные исходные бедные кислородом тела—водозные минералы этих элементов—никогда не могут быть в биосфере собраны в достаточных количествах. Ибо область биосферы в общем есть химическая область окисления, т. к. она переполнена свободным кислородом—созданием зеленых организмов. В этой богатой кислородом среде устойчивыми формами—даже помимо влияния жизни—являются наиболее окисленные богатые кислородом соединения.

В связи с этим автотрофные организмы должны выискивать среду своего бытия. И с этим обстоятельством связаны приспособления их организации.

Они могут—а некоторые, как азотные бактерии, повидимому, так действуют всегда—окислять кислородные соединения, добывать нужную для жизни энергию, окисляя низшие степени окисления в высшие—но количество химических элементов, допускающих этого рода реакции, ограничено; к тому же в избытке свободного кислорода те же богатые кислородом тела получаются помимо бактерий, т. к. в этой именно среде они являются устойчивой формой молекулярных структур.

97. Автотрофные бактерии находятся в состоянии непрерывного недостатка пищи, в состоянии недоедания. С этим связаны многочисленные приспособления их жизни. Так всюду—в грязях, в источниках, в морской воде, в сырых почвах—мы видим своеобразные вторичные равновесия между бактериями, восстанавливающими сульфаты, и автотрофными организмами, их окисляющими.

Повторение в бесчисленных случаях—на каждом шагу—таких вторичных равновесий указывает на закономерность явления. Живое вещество выработало эти структуры, благодаря огромному давлению жизни автотрофных бактерий (§ 27), не находящих для своей жизни в биосфере достаточного числа готовых, бедных кислородом, соединений. Живое вещество их само в этих случаях создает в косной среде.

В океанах такие же равновесия наблюдаются между автотрофными бактериями, окисляющими азот, и раскисляющими нитраты гетеротрофными организмами. Это один из грандиозных равновесий химии гидросферы.

Всюдность нахождения этих организмов служит проявлением их огромной геохимической энергии, быстроты передачи их жизни—отсутствие их больших скоплений где бы то ни было связано с недостатком бедных кислородом соединений в биосфере, в среде, где все время выделяется избыток свободного кислорода зелеными растениями.

Они не захватывают значительных масс живого вещества только вследствие физической невозможности это сделать, благодаря отсутствию в биосфере нужных для их жизни соединений.

Между количеством вещества, захваченного автотрофными зелеными организмами и автотрофными бактериями, должны существовать определенные соотношения, обусловленные бо́льшим значением геохимической энергии преобладающих по массе организмов, создающих свободный кислород.

98. Не раз высказывались мнения, что в этих своеобразных очень специальных организмах мы имеем представителей наиболее древних организмов, появившихся раньше зеленых растений. Еще недавно эти идеи высказывал один из крупных натуралистов-мыслителей нашего времени—американец Ф. Осборн (1918).

Наблюдение их роли в биосфере этому противоречит.

Тесная связь существования этих организмов с присутствием свободного кислорода указывает на их зависимость от зеленых организмов—от солнечной лучистой энергии—в не меньшей степени, чем зависят от нее животные и бесхлорофилльные растения, питающиеся веществами, приготовленными зелеными растениями. Ибо в природе—в биосфере—весь свободный кислород—пища этих тел—есть продукт зеленых растений.

На то же—вторичное—значение этих организмов по сравнению с зелеными растениями—указывает и характер их функций в общей экономии живой природы.

Значение их огромно в биогеохимической истории и серы, и азота—двух элементов, столь необходимых для построения главного вещества протоплазмы—белковых молекул. Однако, если бы деятельность этих автотрофных организмов прекратилась, жизнь может быть уменьшилась бы количественно, но осталась бы мощным механизмом биосферы, т. к. те же вадозные соединения—нитраты, сульфаты и газообразные формы переноса в биосфере азота и серы, аммиак и сероводород, постоянно создаются в ней в значительных количествах помимо жизни.

Не предрешая вопроса об автотрофности (§ 89) и начале жизни на земле—зависимость автотрофных бактерий от зеленых организмов, их вторичное по сравнению с ними образование по крайней мере очень вероятно.

Все указывает на то, что в этих автотрофных организмах мы имеем формы жизни, увеличивающие использование до конца энергии солнечного луча, наблюдаем улучшение меха-

низма „солнечный луч—зеленый организм", а не независимую от космических излучений форму земной жизни.

Таким же проявлением того же процесса является весь бесчисленный в своих формах гетеротрофный мир животных и грибов—миллионы видов организмов.

99. Это ярко сказывается и в характере распределения живого в биосфере, в области жизни.

Она целиком определяется полем устойчивости зеленой растительности, другими словами—областью планеты, пронизанной солнечным светом.

Главная масса живого вещества сосредоточена в этой охваченной солнечным светом части планеты; при этом сгущения жизни тем больше, чем ярче это освещение.

Здесь же собраны гетеротрофные организмы и автотрофные бактерии, т. к. в своем существовании они тесно связаны или с продуктами жизни зеленых организмов (свободный кислород прежде всего), или с создаваемыми ими сложными органическими соединениями.

Из этой освещенной солнцем части в области биосферы, лишенные солнечных лучей и зеленой жизни, проникают гетеротрофные организмы и автотрофные бактерии. Многие из них живут исключительно в этих темных областях биосферы. Обычно полагают, что эти организмы проникли сюда из освещенной солнцем земной поверхности, постепенно приспособившись к новым условиям жизни. Можно это думать, так как морфологическое изучение животного мира земных пещер и морских глубин указывает, очень часто с несомненностью, что фауна эта произошла от предков, живших в освещенных областях планеты.

Особое значение с геохимической точки зрения приобретают скопления—концентрации—жизни, свободной от зеленых организмов—донная пленка гидросферы (§ 128), нижние части прибрежных сгущений жизни Океана, донные живые пленки водных бассейнов суши (§ 156). Мы увидим их огромное значение в химической истории планеты. Можно убедиться, что их существование теснейшим образом связано—прямо или косвенно—с организмами зеленых областей жизни. Не только морфологически можно во многих случаях установить, а в других научно допустить генезис этих организмов путем палеонтологической эволюции из организ-

мов освещенных частей планеты—но и в основе их каждодневного бытия лежит лучистая энергия солнца.

Само существование донной пленки теснейшим образом связано с остатками организмов верхних частей океана, падающих на дно и не успевающих на пути разложиться или быть съеденными другими организмами. Конечный источник ее энергии т. о. должен искаться в освещенной части планеты, в солнечном свете. Из атмосферы проникает в морскую воду—в темные глубины--свободный кислород—иного, кроме биохимического, происхождения которого работой зеленых организмов на нашей планете мы не знаем. Анаэробные организмы—характерные для нижних частей донной пленки—все теснейшим образом зависят в своей жизни от аэробных организмов и их остатков, которыми они питаются.

Все указывает, что эти проявления жизни в лишенных света областях планеты находятся в непрерывном развитии—площадь их увеличивается.

Повидимому, в течение геологического времени шло—и сейчас медленно идет—постоянное новое проникновение живого вещества в обе стороны от зеленого покрова все дальше и дальше в азойные части планеты.

Мы живем сейчас в этой стадии медленного расширения области жизни.

100. Может быть одним из проявлений этого расширения жизни является биохимическое создание новых форм лучистой энергии гетеротрофным живым веществом.

В морских глубинах усиливается свечение организмов, излучение ими световых волн тех же длин, которые в космических излияниях солнца на земную поверхность дают энергию жизни и через нее химическим изменениям планеты.

Мы знаем, что проявление этих вторичных световых излучений—свечение поверхности моря, непрерывно происходящее на нашей планете и охватывающее одновременно сотни тысяч квадратных километров его поверхности—позволяет зеленым организмам планктона производить свою химическую работу и в те часы, когда до них не доходит лучистая энергия центрального светила.

Является ли новым проявлением того же механизма и свечение морских глубин. Есть ли здесь усиление жизни, благодаря

переносу в глубь на километры от поверхности космической энергии солнца, которая к ним без этого не доходит?

Мы этого не знаем. Но нельзя забывать факта, что глубоководные экспедиции встречали живые зеленые организмы на глубинах, значительно превышающих область проникновения в море солнечных излучений сверху—напр., Valdivia встретила живую водоросль Halionella в Тихом Океане на глубине около 2 километров.

Если бы оказалось, что живое вещество способно переносить в новые области лучистую энергию солнца не только в форме неустойчивых в термодинамической оболочке, которой отвечает биосфера (§ 80), химических соединений, т.-е. в форме химической энергии, но и в виде вторично созданной лучистой же энергии—все же в истории биосферы это явилось бы лишь—пока может быть—небольшим расширением главной области фотосинтеза, как незначительным ее расширением является создание световой энергии человечеством.

Несомненно и эта, новая в биосфере, создаваемая человеком лучистая энергия используется зеленым живым веществом, но пока в общем космическом фотосинтезе планеты она отражается ничтожными долями.

В конце концов зеленое живое вещество, определяющее на земле область существования всего живого—все связано с солнечным светом.

Во всем нашем дальнейшем изложении мы будем выделять эту часть живого вещества первого порядка и относить к нему все другие проявления жизни.

101. Пределы жизни. Поле устойчивости жизни далеко, как мы увидим, превышает поле биосферы, определяемое характеризующими ее независимыми переменными, принимаемыми во внимание при изучении могущих иметь в ней место физико-химических равновесий (§ 79).

К тем независимым переменным, которые приняты были нами во внимание при установлении земных оболочек для выявления поля жизни, необходимо еще считаться с лучистой энергией [1]).

---

[1]) В таблице § 86 очевидно можно было бы ввести деление на *земные оболочки по лучистой энергии*, отделив: 1) область проникновения коротких

Мы будем принимать т. о. во внимание: 1) температуру, 2) давление, 3) фазу среды, 4) химизм среды, 5) лучистую энергию.

102. Мы должны при этом различать условия, которые выдерживает жизнь, не прекращая всех своих функций, т.-е. те, при которых организм, хотя и страдает, но выживает, и во вторых, условия, при которых организм может давать потомство, т.-е. увеличивать живую массу—увеличивать действенную энергию планеты.

Может быть в виду генетической связи всего живого вещества эти условия близки для всех организмов. Но область эта значительно уже для зеленого растительного покрова, чем для гетеротрофных организмов.

Предел ее определяется в конце концов физико-химическими свойствами соединений, строющих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Но есть ряд случаев, которые указывают, что раньше разрушения соединений разрушаются те механизмы, которые они составляют и которые определяют функции жизни.

И сами соединения, и построенные ими механизмы непрерывно меняются в ходе геологического времени, приспособляясь к изменению среды жизни.

Максимальное поле жизни может определяться крайними примерами выживания каких нибудь организмов.

103. Самая высокая температура, которая выдерживается без смерти организма, некоторыми гетеротрофными существами—особенно в латентной форме их бытия—напр., спорами грибов, приближается к 140° С. Она меняется в зависимости от того, наблюдается ли организм в сухой или во влажной среде.

Опыты Пастера над произвольным зарождением выяснили, что нагревание во влажной среде до 120° С не убивает всех спор микробов. В сухой среде надо нагревать до 180° С.

солнечных волн (ультрафиолетовая оболочка), 2) область проникновения световых волн, отделенную от первой озоновым экраном и совпадающую с областью нахождения зеленых растений (световая оболочка), 3) область предельную для солнечных длинных (тепловых) волн (инфракрасная оболочка). Очень вероятно, что область радиоактивных земных радиаций составляет следующую особую оболочку нашей планеты (радиоактивная оболочка). Ниже излучения прекращаются?

(Duclaux)[1]), в опытах Христена споры почвенных бактерий выдерживали нагревание—не теряя жизни—до 130° в течение пяти минут, до 140° С в течение минуты. Споры одной бактерии, описанной Цеттновым, выдерживали текучий пар в течение суток (В. Л. Омелянский).

Еще дальше идет устойчивость при низкой температуре. Опыты в Дженнеровском Институте в Лондоне указали на устойчивость (в жидком водороде) спор бактерий в течение 20 часов при—252° С. Макфайден указал, что микроорганизмы сохранялись без потери жизни в жидком воздухе в течение многих месяцев при — 200° С. По опытам П. Беккереля споры плесневых грибков в безвоздушном пространстве не теряли жизнеспособности в течение трех суток при—253° С.

Таким образом надо считать, что интервал в 433 градуса является сейчас предельным тепловым полем, в котором в течение некоторого времени могут находиться без гибели и разрушения некоторые формы жизни.

Он резко сокращается для зеленой растительности. Мы не имеем для нее вполне точных опытов, но едва ли он превышает 160°—150° (от + 80° до — 60°).

104. Пределы давления—динамического поля жизни—повидимому, идут очень далеко. Опыты Г. В. Хлопина и Г. Таманна указали, что плесневые грибы, бактерии, дрожжи выдерживают давление до 3000 атмосфер без всякого видимого изменения своих свойств. Жизнь дрожжей сохраняется при 8000 атмосфер давления. С другой стороны несомненно, что латентные формы жизни — семена или споры — могут сохраняться длительное время в „безвоздушном" пространстве, т.-е. при давлениях, равных тысячным долям атмосферы.

Повидимому, нет разницы между гетеротрофными и зелеными (споры, семена) организмами.

105. Огромное значение волн определенной длины лучистой энергии для зеленых растений было уже многократно указано. Оно лежит в основе всего строения биосферы.

---

[1]) Это впечатление сотрудников знаменитого спора Пастера и Пуше имеет, мне кажется, большее значение для определения максимальной температуры теплового поля жизни, чем опыты над чистыми культурами. Оно основано на изучении свойств сенных настоев, которые ближе к сложной среде жизни в земной коре, чем наши чистые культуры.

Зеленые организмы более или менее быстро умирают в отсутствии этих излучений. Гетеротрофные организмы и автотрофные бактерии—некоторые из них по крайней мере—могут жить в темноте. Но характер лучистой среды этой „темноты" (длинных инфракрасных волн) не изучен.

Нам известен с другой стороны предел всякой жизни в области коротких волн.

Среда, в которой распространяются лучи ультрафиолетовые, с очень короткой длиной волны, меньше 0.3 μ, неизбежно является безжизненной. Опыты Беккереля показали, что эти лучи с чрезвычайно быстрым колебанием составляющих их волн убивают в течение короткого промежутка времени все формы жизни. Среда, в которой они находятся, какой является междупланетное пространство. непроходима для всех форм жизни, приспособившихся к биосфере, хотя ни температура, ни давление, ни химический ее характер не препятствуют ее в ней нахождению.

При той связи, какая, как мы видим, существует между развитием жизни в биосфере и солнечной радиацией, возможно точное и детальное изучение пределов жизни в разных областях лучистой энергии заслуживает самого большого внимания.

106. Огромна область химических изменений, которые выдерживает жизнь.

Открытие Л. Пастером анаэробных организмов указало на существование жизни в среде, лишенной свободного кислорода, и чрезвычайно расширило допускавшиеся раньше ее пределы.

Установление С. Н. Виноградским автотрофных организмов выяснило возможность существования жизни в отсутствии готовых органических соединений, в чисто минеральной среде.

Споры и зерна, латентные формы жизни могут находиться без всякого вреда—повидимому, неопределенное время—в среде, лишенной газов и вполне сухой, лишенной воды.

В то же время в пределах термодинамического поля существования жизни разные ее формы могут находиться без вреда в самых разнообразных химических средах. Bacillus boracicola, живущий в горячих борных источниках Тосканы, может жить в насыщенном растворе борной кислоты; он сво-

бодно выдерживает 10% раствор серной кислоты при обычной температуре (Bargagli Petrucci. 1914). Известен целый ряд организмов, главным образом, плесневых грибков, которые живут в крепких растворах различных солей, гибельных для других организмов. Есть грибки, живущие в насыщенных растворах купоросов, селитр, ниобата калия. Тот же Bacillus boracicola выдерживает 0,3% раствор сулемы, а другие бактерии и инфузории живут даже в ее концентрированных растворах (А. М. Безредка. 1925); дрожжи живут в растворах фтористого натрия. Личинки некоторых мух выживают в 10% растворе формалина.

Область этих явлений относительно мало изучена — но приспособляемость форм жизни кажется здесь беспредельной.

Однако, это верно для гетеротрофных организмов. Развитие зеленых организмов требует присутствия свободного кислорода (хотя бы растворенного в воде). Крепкие соляные рассолы уже не дают возможности развития этих форм жизни.

107. Хотя некоторые формы жизни, в латентном ее состоянии, могут находиться без гибели в среде, лишенной воды, абсолютно сухой, вода в капельножидком и газообразном состоянии является необходимым условием для роста и для размножения организмов — для их проявления в биосфере.

Геохимическая энергия организмов—в форме их размножения—переходит из потенциальной формы в свободную только в присутствии воды, содержащей в растворе нужные для дыхания организмов газы.

Значение воды, ярко бросающееся в глаза для зеленой растительности, давно вошло в общее сознание. Основа всего живого—зеленая жизнь—без воды не существует.

Но в последнее время можно было пойти дальше в выяснении механизма действия воды. Выяснилось значение для жизни кислой или щелочной реакции водных растворов, в которых живут организмы—степени и характера их ионизации.

Значение этих явлений огромно, так как в природной воде сосредоточена в биосфере главная масса (по весу) живого вещества, и условия жизни всех организмов теснейшим образом связаны с природными водными растворами. Все организмы состоят в подавляющей массе своего вещества

из водных растворов или водных золей [1]). Протоплазма может быть рассматриваема, как водный золь, в котором происходят коллоидальные сгущения и изменения. Везде в жидкостях организма идут явления ионизации, и, при непрерывном взаимодействии между природными водными растворами и между жидкостями живущих в них организмов, соотношения ионизации обеих средин имеют огромное значение.

Благодаря тонким приемам исследования мы можем количественно следить с очень большой точностью за изменением ионизации и этим путем имеем превосходное средство для изучения изменения главной среды, где сосредоточена жизнь.

Морская вода содержит около 10^{-9} % ионов H^+ — она слабо щелочная, и это небольшое преобладание положительных ионов H^+ над отрицательными ионами OH^- сохраняется в общем неизменно, постоянно восстановляется несмотря на бесчисленные химические процессы, идущие в море (ионизация $H_p = 8$).

Эта ионизация очень благоприятна для жизни морских организмов, причем небольшие колебания отражаются благоприятно или неблагоприятно, различно для разных организмов.

Выяснено, что жизнь может существовать только в известных пределах ионизации, от 10^{-6}% H^+ до 10^{-10}% H^+ (т. е. $Hp = 5 — 10$). За этими пределами никакая жизнь в водных растворах невозможна.

108. Несомненно фаза среды имеет огромное значение для проявления жизни.

Сохраняться в латентном состоянии жизнь, повидимому, может в среде всякой фазы—жидкой, твердой, газообразной, в „безвоздушном“ пространстве. По крайней мере опыты показывают, что семена могут сохраняться некоторое время без газового обмена—следовательно, в любой фазе в пределах теплового поля жизни. Но живой организм—в полном развитии своих функций—неизбежно связан в своем существовании с возможностью газового обмена (дыхание) и устойчивости коллоидальных систем, из которых он построен.

[1]) Организмы содержат по весу от 60 до 99% воды (может быть даже больше), т. е. составлены вероятно на 80—100% из водных растворов и водных золей.

Поэтому организмы могут встречаться только в той среде, где этот обмен возможен—в жидкой, коллоидальной, газообразной. В твердой среде они могут наблюдаться и действительно наблюдаются только в среде рыхлой и пористой, дающей возможность газового обмена. В виду малого размера многих организмов твердые среды, весьма плотные, могут являться субстратом жизни.

Но жидкая—раствор или коллоид—лишенная газов среда не может являться областью жизни.

Мы видим здесь опять проявление того исключительного значения газообразного состояния материи, с которым мы не раз сталкивались в этих очерках.

109. Границы живого в биосфере. Из предыдущего ясно, что биосфера по своему строению, составу, физическим условиям среды целиком входит в область жизни.

Жизнь приспособилась к ее условиям и в ней нет мест, где бы она, так или иначе, не могла в ней проявиться.

Это безусловно верно, если мы будем принимать обычные нормальные условия биосферы, а не те временные мимолетные их нарушения, которые являются губительными для жизни, но которые не могут считаться для нее характерными. В условиях биосферы недоступны для жизни кратеры вулканов во время извержений и незастывшие еще с поверхности лавы. Это в ее существовании ничтожные и временные частности.

Такими же временными явлениями должны считаться сопровождающие вулканические процессы выходы ядовитых для жизни газов (напр., хлористого или фтористого водорода) или горячие вулканические минеральные источники, лишенные жизни.

Длительные явления, напр., термы с температурой до 90° С., уже оказываются захваченными отвечающими им своеобразными, приспособившимися к этим условиям организмами.

Неясно, не могут ли быть безжизненны земные рассолы т. е. растворы, содержащие больше 5% солей. Самое большое скопление такой безжизненной соленой воды указывается в Мертвом море в Палестине. Но источники-рассолы, еще более богатые солями, чем оно, богаты жизнью. Ее отсутствие в Мертвом море объясняют богатством его бромом, но это гипотеза—догадка, не опирающаяся на опыты. Может быть наше представление о Мертвом море обусловлено неполно-

той наших знаний—неизученностью его микрофауны, частью бактериальной.

Несомненно, что некоторые из кислых серных или соляных природных вод, ионизация которых меньше $10^{-11}\%$ H^+, должны быть безжизненны (§ 107). Они образуют в общем ничтожные водоемы.

110. В общем, можно считать, что земная оболочка, в которой наблюдается живое вещество, всецело отвечает полю существования жизни. Это оболочка непрерывная—подобно атмосфере—и этим она отличается от таких прерывчатых оболочек, какой является гидросфера.

Но земное поле устойчивости жизни далеко не целиком занято живым веществом. Мы наблюдаем медленное движение жизни в новые области, завоевание ею этого поля в течение геологического времени.

В земном поле устойчивости жизни надо отличить, во-первых, область временного проникновения—без быстрой гибели—живых организмов—во-вторых, область длительного их существования, неизбежно связанного с проявлением размножения.

Крайние пределы жизни в биосфере должны определяться существованием в ней условий, непреодолимых для всех организмов.

Для этого достаточно, чтобы даже одно какое нибудь условие (независимое переменное равновесия) достигло величины, непреодолимой для живого вещества—будь то температура, химический состав или ионизация среды, длина волн излучений.

Нельзя не отметить, что такие определения не могут иметь безусловного характера. То, что мы называем приспособляемостью организма, его уменьем защищаться от вредных условий среды, огромно, и пределы его нам неизвестны—особенно если мы примем во внимание время.

Устанавливая эти пределы на основании нами сейчас наблюдаемых возможностей выживания, мы неизбежно всегда логически вступаем в область экстраполяций, всегда область скользкую и неверную.

В частности, человек, одаренный разумом и умело направляемой волей, может достигать непосредственно или посредственно областей, недоступных для остального живого.

При единстве всего живого, которое, как мы видим, бросается в глаза на каждом шагу при охвате жизни, как пла-

нетного явления (§), такое свойство Homo sapiens не может быть рассматриваемо, как случайное явление.

Его существование еше больше заставляет относиться осторожно к незыблемости в биосфере границ жизни.

111. Такое определение пределов жизни, основанное на возможности нахождения и существования организмов в их современных формах и в их современных амплитудах приспособляемости, ясно указывает характер биосферы, как о б о л о ч к и, так как исключающие жизнь условия проявляются на всей поверхности планеты одновременно.

Достаточно поэтому определить только в е р х н и й и н и ж н и й пределы поля жизни.

Верхний предел обусловливается л у ч и с т о й э н е р г и е й, присутствие которой исключает жизнь.

Н и ж н и й п р е д е л связан с достижением высокой температуры, ставящей предел жизни с не меньшей необходимостью.

В пределах, этим путем установленных, жизнь охватывает—не целиком правда—одну термодинамическую оболочку, три химических и три фазовых (§ 86).

Значение этих последних—тропосферы, гидросферы и верхней части литосферы—наиболее ярко сказывается в ее явлениях, и их мы положим в основу нашего изложения.

112. Жизнь, повидимому, ни в каких своих современных нам известных формах не может зайти за пределы с т р а т о с ф е р ы, по крайней мере верхних ее частей.

Как видно из таблицы первой (§ 86), здесь начинается другая парагенетическая оболочка, где едва ли существуют какие бы то ни было химические молекулы или еще более сложные их комплексы.

Это область высочайшего разрежения материи, даже если принимать новые исчисления проф. Ф е с е н к о в а (1923—4), дающие для нее бо́льшие количества материи, чем это принимали раньше. Проф. Ф е с е н к о в полагает, что на высоте 150—200 километров стратосфера заключает тонну вещества в одном кубическом километре [1]). Новые условия нахождения атомов этой разреженной материи не являются только следствием ее разрежения—уменьшения столкновения газо-

[1]) Другие исчисления дают числа в тысячу и больше раз меньшие—тонну на 100 кубических километров, килограмм на 200– куб. километров.

вых частиц, удлинения их свободных траекторий. Они связаны с могучим действием ультрафиолетовых и может быть других лучей солнца (а может быть и космических пространств), беспрепятственно достигающих этих крайних пределов нашей планеты (§ 8).

Мы знаем, что ультрафиолетовые лучи являются чрезвычайно активными химическими деятелями. В частности лучи очень коротких волн, меньше 200 μμ (160—180 μμ), уничтожают всякую жизнь, самые устойчивые споры в сухой или в безвоздушной среде. Повидимому, несомненно, что эти лучи освещают эти далекие области планеты.

113. Ниже они не проходят, так как совершенно поглощаются о з о н о м, образующимся постоянно в стратосфере в относительно значительных количествах из свободного кислорода и м. б. воды под влиянием тех же ультрафиолетовых излучений солнца, которые он задерживает, и которые губительны для жизни.

Озон стратосферы образует по Ф а б р и и Б ю с с о н у слой в пять миллиметров мощностью, если бы он был собран весь вместе в чистом виде. Но и в рассеянных атомах эти количества озона достаточны, чтобы не пропустить всех вредных для жизни излучений.

Сколько бы ни разрушался озон, он постоянно восстановляется, так как лучи колебаний короче 200 μμ встречают все время в стратосфере—в нижних ее слоях,—избыточное количество атомов кислорода.

Жизнь защищена в своем существовании э к р а н о м о з о н а в 5 mm мощностью, являющимся естественной верхней границей биосферы.

Характерно, что необходимый для создания озона свободный кислород образуется в биосфере только биохимическим путем; он должен исчезнуть из нее при прекращении жизни. Жизнь, создавая в земной коре свободный кислород, тем самым создает озон и предохраняет биосферу от губительных коротких излучений небесных светил.

Ясно, что новейшее проявление жизни—культурный человек—может предохранить себя иначе—и проникнуть безнаказанно за озонный экран.

114. Озонный экран определяет только верхнюю границу возможной жизни.

В действительности она прекращается в атмосфере гораздо ниже.

Зеленые автотрофные растения не подымаются над зеленым древесным и травяным покровом суши. Нет зеленых клеток, развивающихся в воздушной среде. Случайно и невысоко, в брызгах океана, подымаются зеленые клетки планктона.

Выше древесной растительности организмы могут попадать или механически, или благодаря выработанным приспособлениям летания. Чрезвычайно редко этим путем могут далеко и надолго проникать в атмосферу зеленые организмы.

Мельчайшие споры, напр., хвойных или тайнобрачных, лишены или бедны хлорофиллом—а это, вероятно, величайшие массы зеленых организмов, разносимые ветром и поднимающиеся иногда ненадолго на довольно значительную высоту.

Главная масса живого вещества, проникающего в атмосферу, состоит из живой материи второго порядка. К ней принадлежат все летающие организмы. Зеленый слой нашей планеты, где начинается превращение солнечных радиаций в земную химическую энергию, расположен на поверхности суши и в верхнем слое океана; он не подымается далеко в атмосферу.

В геологическое время, однако, он расширил в ней область своего нахождения.

Ибо в стремлении уловить наибольшее количество солнечной энергии зеленый растительный организм проник далеко в нижние слои тропосферы; он поднялся на десятки, более сотни, метров от ее поверхности в форме высоких деревьев и в их скоплениях в лесных массивах. Эти формы жизни выработаны организмами, повидимому, в палеозое.

115. Жизнь проникает в атмосферу и долго в ней держится, главным образом, в виде мельчайших бактерий и спор, в летающих формах животных.

Относительные ее концентрации—главным образом, в виде латентных форм (спор микроскопических организмов) могут наблюдаться только в „пылевой атмосфере", т. е. в тех частях воздушного покрова, куда проникает пыль с земной поверхности. Пылевая атмосфера связана главным образом с сушей. Эта пылевая атмосфера по А. Клоссовскому (1910) достигает 5 километров, по O. Mengel'ю (1922) значительные скопления

пыли не подымаются выше 2.8 килом. Главная часть пыли, однако—косная материя.

На горных вершинах воздух очень беден организмами, все же они там существуют. По определению Л. Пастера, в среднем, здесь находится не больше 4—5 микробов, патогенных, открываемых питательными жидкостями в одном кубическом метре. Флемминг в воздухе с высоты в 4 километра обнаружил в среднем не более одного патогенного микроба на три литра. Повидимому, в верхних слоях микрофлора воздуха обедняется бактериями и обогащается плесневыми и дрожжевыми грибками (В. Л. Омелянский).

Не может быть сомнения, что эта микрофлора проникает за средние пределы пылевой атмосферы (5 километров), но число точных наблюдений здесь, к сожалению, ничтожно. Она может достигать пределов тропосферы (9—13 килом.), так как сюда достигают наблюдаемые нами на поверхности земли движения газов—ветры и токи воздуха.

Едва ли эти высокие поднятия над поверхностью земли имеют какое нибудь значение в ее истории, так как огромное большинство этих организмов находится в латентном состоянии и они едва заметны в массе—хотя и разреженной—косного газа, среди которого они рассеяны.

116. Не ясно, заходят ли за пределы тропосферы животные. Правда они подымаются иногда на большие расстояния выше высочайших горных вершин (всегда лежащих еще в пределах тропосферы), т. е. доходят до ее верхней границы.

Так, по наблюдениям А. фон Гумбольдта кондор в своем полете подымается до 7 километров от земной поверхности; он наблюдал мух на вершине Чимборасо (5882 метра).

Эти наблюдения Гумбольдта и некоторых старых натуралистов отрицались современными орнитологами, изучавшими на проходных станциях перелеты птиц—но новейшие наблюдения Уолластона (1923), натуралиста английской экспедиции на Эверест, не оставляют сомнений, что некоторые горные хищники подымаются или парят около вершин высочайших гор, выше 7 километров (7540 кил.).

Повидимому это немногие отдельные виды птиц. Вдали от горных вершин и даже в горных областях птицы едва ли долетают до 5 километров. Наблюдения летчиков указывают поднятия до 3 километров (для орла).

Бабочки наблюдались на высоте 6,4 кил., пауки до 6,7, тли до 8,2 кил. Из растений Arenaria muscosa и Delphinium glaciale 6,2—6,3 кил. (Hingston, 1925).

117. Дальше всего проникает в стратосферу человек, и он несет с собою вполне бессознательно и неизбежно следующие за ним, в нем и на нем самом или в его изделиях формы жизни.

Область проникновения человека все расширяется с развитием воздухоплавания, и пределы ее выходят уже из области жизни, определяемой озоновым покровом.

Выше всего подымаются шары-зонды, всегда заключающие в своем материале представителей жизни. 17 Декабря 1913 г. такой шар зонд, пущенный в Павии, достиг высоты 37.7 километров.

Сам человек в своих аппаратах подымается выше высочайших гор. Уже в воздушных шарах Тиссандье (1875) и Глэшер (1868) почти достигли этого предела, первый достиг до 8.6 кил., второй 8.83 кил.

С развитием аэропланов высота поднятия достигла пределов стратосферы. Француз Каллизо и американец Мак-Реди (1925) достигли 12—12.1 километров, и очевидно эта высота быстро будет превзойдена.

118. Подводя итоги, можно утверждать, что жизнь, проявляющаяся в биосфере, достигает своего земного предела — озонового экрана—только для редких отдельных своих неделимых. В главной своей массе не только стратосфера, но и верхние слои тропосферы безжизненны.

Нет ни одного организма, который всегда бы жил в воздушной среде. И лишь тонкий слой атмосферы, исчисляемый десятками метров—обычно много меньше ста метров—может считаться переполненным жизнью.

Едва ли можно сомневаться, что и это завоевание воздушной среды есть новое явление в геологической истории планеты: оно стало возможным с развитием сухопутных организмов — сперва растений, насекомых, летающих позвоночных, с мезозоя—птиц. С самых древних периодов есть указания на механические переносы микрофлоры и спор. Но лишь с выявлением культурного человечества живое вещество сделало крупный шаг к завоеванию всей атмосферы.

Атмосфера не является самостоятельной областью жизни. Ее тонкие нижние слои составляют с биологической точки

зрения части прилегающих к ним слоев гидросферы и литосферы, причем только в этой последней они входят в сгущения—в пленки—жизни (§ 148).

Огромное влияние живого вещества на историю атмосферы,—связано не с непосредственным его нахождением в газовой среде—но с газовым его обменом—с созданием им новых газов, выделяемых в атмосферу и с их поглощением из атмосферы (ср. § 65,42).

Живое вещество влияет на химию атмосферы, меняя тонкий прилегающий к земле слой газа или газы, растворенные в природных водах.

Конечный, грандиозный результат получается, как следствие свойств не жизни, но газообразной материи.

119. Теоретически не менее резкой и ясной, чем верхняя, определяемая озоновым экраном, должна быть и нижняя граница жизни на земле.

Она должна соответствовать той высокой температуре, при которой организм ни в каком случае не может существовать и развиваться—в зависимости от свойств тех соединений, из которых он составлен.

Температура в 100° С уже несомненно представляет такую преграду. Это температура, которая достигается на глубине 3—3.5 километров от земной поверхности, может быть местами даже меньшей, около 2.5 кил. В среднем можно считать, что глубже 3 километров от земной поверхности живые существа—в их современном виде—существовать не могут.

Ниже уровня моря слой в 100° С опускается, так как средняя глубина океана достигает 3.8 километров, причем температура дна близка к 0°. Очевидно в этих точках земной коры предельная для жизни температура не будет встречена в среднем раньше 6.5—7 километров, если земной градиент будет одинаков. В действительности повышение температуры идет здесь быстрее, и едва ли возможный для жизни слой превысит 6 километров, считая с уровня океана.

Несомненно предел в 100° С есть чисто условная граница. На земной поверхности нам известны организмы, размножающиеся при температурах выше 70—80°, но и здесь организмы, приспособившиеся к длительной жизни при 100° С, не встречены.

Таким образом нижняя граница биосферы в самом крайнем пределе в среднем едва ли превысит 2.5—2.7 килом. на суше и 5—5.5 километров в области океанов.

Повидимому, эта граница должна определяться температурой, а не химическим составом, так как отсутствие свободного кислорода не может служить препятствием для жизни. Свободный кислород на суше кончается много раньше, едва ли в среднем идет на несколько сот метров от земной поверхности: здесь глубже 500 метров в среднем не могут жить иные организмы, кроме анаэробных бактерий.

120. Но высокая температура глубоких слоев составляет лишь теоретический предел биосферы, так как другие факторы, в своей совокупности, влияют гораздо более могущественно на распространение жизни.

К тому же, как указывалось, области планеты, лишенные света, захватываются геологически более молодыми организмами, и этот захват далеко не достиг своего предела.

Мы наблюдаем здесь то же самое явление, какое указано было и для верхней границы—жизнь медленно приближается к своим глубинным пределам в течение геологического времени, но их еще далеко не достигает.

Она достигает геоизотермы в 100° еще менее, чем озонового экрана.

Очевидно зеленые организмы, требующие света для своего развития, не могут итти за пределы освещенной солнцем поверхности планеты.

Ниже всего могут итти только гетеротрофные организмы и автотрофные бактерии.

Жизнь разно идет вглубь на суше и в океанах.

Животная жизнь в океанах глубже всего проникает в своем рассеянии; это проникновение зависит от рельефа дна.

Повидимому, все же в заметных своих представителях она не идет глубже 7 километров. Еще на глубине 6035 метров был найден Hyphalaster parfaiti—морской еж.

Вероятно плавающие глубоководные формы могут заходить в самые большие океанические глубины [1])—но находки со дна глубже 6.5 километров пока неизвестны.

---

[1]) Морские глубины достигают почти 10 километров. Недавно найдена глубина в 9.95 кил. около Курильских островов. Раньше наибольшей была глубина у Филиппинских островов—9.79 кил.

Бактерии в рассеянном состоянии проникают всю водную толщу (найдены глубже $5^1/_2$ километров), концентрируясь в морской грязи. Их присутствие в морской грязи наибольших глубин не доказано, но чрезвычайно вероятно.

121. Несравненно менее глубоко проникает жизнь суши, прежде всего потому, что нигде здесь не проникает так глубоко в земную кору свободный кислород.

В океане свободный кислород, в водном газовом растворе, в котором его процентное содержание по отношению к азоту всегда выше, чем то же отношение этих газов в атмосфере, находится в неразрывной связи с наружной атмосферой. Кислород достигает самых больших глубин океана—до 10 километров,—и всякое его уменьшение непрерывно—правда с опозданием—пополняется новым его приходом из атмосферы путем растворения и диффузии.

На суше свободный кислород быстро исчезает с глубиной, поглощается организмами или сильно окисляющимися соединениями, главным образом органическими. Исследование вод, приходящих с глубин, близких к одному, двум километрам, обычно уже не дает в их газах свободного кислорода. Между вадозной водой, содержащей свободный кислород воздуха, и водой фреатической, его лишенной, существует резкий перерыв, до сих пор в точности невыясненный [1]).

Свободные пустоты и трещины, доступные проникновению воздуха, в исключительных случаях достигают по вертикальному направлению глубины в несколько сот метров. Глубже всего сейчас идут шахты и буровые скважины—создания человеческой культуры—превышающие 2 километра по вертикальному направлению—но их значение в масштабе биосферы ничтожно.

К тому же сведенные к уровню Океана такие образования в подавляющем большинстве случаев лежат выше этого уровня. Самые большие низины суши по отношению к этому уровню—дно (богатое жизнью) Байкала, настоящего пресного моря—превышают километр (более 1050 метров).

Очевидно—даже принимая во внимание анаэробную жизнь—нигде на суше живое не достигает тех глубин плане-

[1]) В огромном большинстве случаев указания на свободный кислород зависят от ошибок наблюдения.

ты, которые ему доступны в гидросфере. А между тем даже те глубины лежат далеко от тепловых пределов теоретического поля жизни.

122. Мы видим таким образом, что не только количество живого преобладает в гидросфере благодаря тому, что она по размерам своей поверхности является господствующей частью области жизни—но и потому, что жизнь в ней констатирована на всем ее протяжении, в мощном слое до 10 километров в пределе, в среднем в слое в 3.8 километров. Между тем на суше, площадь которой составляет всего 21% поверхности планеты, область жизни в предельных проявлениях не достигает и 1.5 километра ниже земной поверхности, а в среднем образует слой в немного сотен метров. И в этом тонком слое суши, в котором встречаются живые организмы, жизнь лишь в единичных случаях спускается ниже уровня моря.

В планетном масштабе жизнь на суше оканчивается на уровне океана, в гидросфере она охватывает слой на 3.8 километра ниже.

123. **Жизнь в гидросфере.** Явления жизни в гидросфере, несмотря на их кажущуюся хаотичность, в действительности представляют неизменные черты, которые выдерживаются в течение всей геологической истории, начиная с археозоя. Мы должны их рассматривать, как постоянные всегда существующие и в сущности неизменные черты механизма всей земной коры, не только биосферы. Они во все геологические периоды удерживаются на определенных местах гидросферы, несмотря на вечную изменчивость и жизни, и океана.

Можно характеризовать этот механизм гидросферы одинаковым образом в течение всего геологического времени.

В основу его изучения должна быть положена густота жизни—выделение участков, ею обогащенных. В строении океана мы всегда можем выделить такие участки, которые я буду называть пленками и сгущениями жизни.

Их можно рассматривать как вторичные подразделения той земной оболочки, которую представляет гидросфера, так как они являются сплошными концентрическими ее участками или могут быть таковыми в некоторые периоды ее геологической истории. Пленки и сгущения жизни, очевидно, образуют в океане области наибольшей трансформации солнечной энергии. По отношению к ним

и в них должны изучаться все явления жизни океана, если мы хотим их охватить в их проявлении в истории планеты. Только при этом условии можно выяснить геохимический эффект жизни в гидросфере.

Помимо густоты жизни важно установить свойства пленок и сгущений жизни:

1. По отношению к характеру их зеленого живого вещества и к его в них распределению. Этим путем выделяются области гидросферы, в которых идет создание главной части свободного кислорода планеты.

2. По отношению к распределению в них во времени и в пространстве создания нового живого вещества гидросферы, т. е. хода в пленках и сгущениях явлений размножения. Очевидно это явление может дать количественное представление о закономерном изменении хода в них геохимической энергии, ее темпа.

3. По отношению к геохимическим процессам в пленках и в сгущениях в связи с историей отдельных химических элементов в земной коре. Этим путем вырисовывается отражение живого вещества океана в геохимии планеты. Мы увидим, что химические функции разных пленок и сгущений неизменны, определенны и различны.

124. Как уже указано (§ 55), вся поверхность океана сплошь охвачена зеленой жизнью. В этой области идет выработка свободного кислорода, которым—благодаря диффузии и конвекции—охвачена вся масса воды океана, до самых больших глубин, до самого дна.

Взятые в целом, зеленые автотрофные организмы океана сосредоточены в главной своей массе в верхней его части, не глубже 100 метров. Глубже 400 метров находятся—в общем—только гетеротрофные животные и бактерии.

С одной стороны, вся поверхность океана является областью растительного, хлорофиллового планктона; с другой—местами выступают на первое место большие растительные организмы—морские водоросли и травы. Они наблюдаются в виде двух резко различных, хотя часто не разделяемых, типов нахождения. Мощное развитие выявляют водоросли и травы в прибрежных и в мелких, вообще в морских, областях океана (прибрежные сгущения). Но местами водоросли образуют пловучие массы в открытом океане,

одним из наибольших примеров которых является, так называемое, Саргассово море в Атлантическом океане, площадь которого превышает 100000 кв. километров (саргассовые сгущения).

Главная масса зеленой жизни выражена в форме микроскопических одноклеточных организмов, сосредоточенных в наибольшей своей части на поверхности океана, в планктоне.

Это должно являться следствием их большой быстроты размножения. Наблюдаемое размножение планктона отвечает величине v, равной 250—275 cm/sec (эта величина может достигать тысяч сантиметров в секунду)—между тем как для прибрежных водорослей эта величина достигает всего 1,5—2,5 сантиметров (может достигать немногих десятков сантиметра). Если бы захват поверхности океана, захват, отвечающей ее лучистой энергии, зависел бы только от скорости v, то планктон должен был бы занимать поверхность моря раз в сто большую, чем большие водоросли. К порядку этой величины действительно приближается наблюдаемое распределение этих разных аппаратов образования свободного кислорода. Прибрежные водоросли могут встречаться только в более мелких участках океана [1])—в областях морей. Площадь „морей“ [2]) по Ю. Шокальскому (1917) не превышает 8% поверхности океана; но лишь очень небольшая их часть занята покровом больших водорослей и трав. Очевидно, что 8% представляют максимальный недосягаемый предел для прибрежных водорослей. Плавающие саргасовые выделения водорослей играют еще меньшую роль. Самое большое их скопление—Саргассово море—отвечает 0,02% поверхности океана.

125. Зеленая жизнь—редко видная в океане—далеко не охватывает всего проявления жизни в гидросфере. Для гидросферы чрезвычайно характерно мощное развитие гетеротрофной жизни, совершенно необычное для нас на суше. Едва ли будет ошибочным то общее впечатление, которое получается при созерцании жизни океана, что по массе за-

[1]) В том случае, когда большие глубины подходят к берегу, слой водорослей занимает очень малую площадь.

[2]) Т. е. глубин ниже 1000—1200 метров—сюда входят и мели.

хваченной жизнью материи животные, а не растения, занимают господствующее положение и кладут печать на все проявления сосредоточенной в нем живой природы.

Но вся эта животная жизнь может существовать только при наличии растительной жизни. Она в своем распределении теснейшим образом связана с распределением зеленой растительной жизни и с последствиями нахождения этой последней.

Тесная связь—по условиям питания и дыхания—разных представителей жизни как раз и вызывает образование в океане скоплений организмов, характеризующих его пленок и сгущений жизни.

126. Живое вещество составляет в общей массе океана небольшую процентную ее часть. Можно сказать, что обычно морская вода безжизненна. Даже бактерии—как автотрофные (§ 94), так и гетеротрофные—в ней всюду рассеянные, составляют ничтожные дроби ее веса.

Бо̀льшие количества живых организмов наблюдаются только в пленках и в сгущениях; здесь, и то местами, они могут составлять несколько процентов по весу морской воды. Обычно в „живых“ пленках и в сгущениях весовой процент их содержания больше одного, может быть равен нескольким единицам.

Такие скопления жизни являются областями мощной химической активности.

Жизнь находится в вечном движении, однако, в результате бесчисленных ее изменений образуются в гидросфере неподвижные или почти неподвижные места скоплений, статические равновесия. Они также постоянны и также характерны для океана, как характерны для него морские течения.

Останавливаясь только на самых общих крупных чертах распределения жизни в океане, можно в нем выделить всего четыре статические скопления жизни: две пленки—планктон и донную и два сгущения—прибрежное (морское) и саргассовое.

127. Основной, наиболее характерной формой концентрации жизни, является верхняя тонкая живая пленка планктона, богатого зеленой жизнью. В общем она может быть рассматриваема, как покрывающая всю поверхность океана.

В планктоне преобладает временами зеленый растительный мир—но роль гетеротрофных животных организмов, обусловленных в своем бытии зеленым планктоном, является по своему конечному проявлению в химии планеты может быть не меньшей. Фитопланктон всегда одноклеточный, но в животном огромную роль играют Metazoa. Metazoa господствуют иногда в такой степени, в какой мы нигде этого не видим на суше.

Так, в планктоне океана, временами в преобладающем количестве над другими живыми веществами наблюдаются яйца и молоки рыб, ракообразные, черви, морские звезды и т. п. В общем для микроскопического зеленого фитопланктона в среднем по Hjort'y количество неделимых в кубическом сантиметре колеблется от 3 до 15; это число—для всего микропланктона—в предельных числах—подымается до сотен в микроскопических неделимых (Аллен. 1919). Число клеток фитопланктона обычно меньше числа неделимых животных (гетеротрофных) организмов. В эти числа не входят ни бактерии, ни нанопланктон. В конце концов т. о. надо признать, что в планктонной пленке количество микроскопических неделимых—независимых центров передачи геохимической энергии (§ 48)—должно исчисляться сотнями—м. б. тысячами—в одном кубическом сантиметре.

Мощность этого слоя, большею частью находящегося на глубине 20—50^{m}, не превышает немногих десятков метров. Временами планктон поднимается к водной поверхности или опускается вниз. От этой тонкой пленки планктона количество неделимых и вверх, и особенно вниз—быстро уменьшается. Глубже 400 метров обычно неделимые планктона являются чрезвычайно рассеянными.

Таким образом в общей массе воды океана, средняя мощность которой равна 3,8 килом., а наибольшая глубина доходит до 10 км., живые организмы образуют тончайшую пленку, в среднем составляющую $n \times 10^{-2}$ часть всей мощности гидросферы. В химизме океана эта его часть может рассматриваться, как активная, а остальная масса воды, как биохимически слабо деятельная.

Ясно, что планктонная пленка является важной частью механизма биосферы, несмотря на свою тонину, подобно тому

как важной частью является озоновый экран с ничтожным процентом озона.

Ее площадь равняется сотням миллионов квадратных километров, а вес должен выражаться числами порядка 10^{15}—10^{16} тонн.

128. Другое сгущение—донная живая пленка—наблюдается в морской грязи и в донном слое воды, ее проникающем и к ней прилежащем.

Этот тонкий слой по размерам и объему подобен планктонной пленке, по весу же должен быть значительно больше ее.

Донная пленка резко распадается на две части. Из них одна верхняя—находится в области свободного кислорода—на ней развивается богатая животная жизнь, в которой большую роль играют Metazoa; здесь мы наблюдаем сложнейшие соотношения между организмами биоценоза, количественная сторона которых только что еще начинает изучаться.

Местами эта фауна достигает огромного развития. Как уже указывалось, этим путем получаются скопления на гектаре живого вещества—для Metazoa бентоса—одного порядка с скоплениями сухопутных растительных Metaphyta при наилучших их урожаях (§ 58).

Эти богатые жизнью грязи и связанный с ними бентос несомненно представляют яркие сгущения живого вещества до глубин, равных 5 километрам и может быть глубже. Только для самых больших глубин есть указания на исчезновение в них животных бентоса, глубже 7 километров, и на их значительное уменьшение в числе особей с 4—6 километров.

Ниже бентоса дна лежит слой грязи дна, составляющий нижнюю часть донной пленки. В нем в огромном количестве преобладают протисты, господствующую роль играют бактерии с их огромной геохимической энергией. Только тонкая в немного миллиметров мощностью верхняя часть ее содержит свободный кислород; ниже лежит мощный слой грязи, переполненный анаэробными бактериями, прерываемый бесчисленными и разнообразными роющими животными.

Здесь все химические реакции идут в резко восстановительной среде. В химии биосферы значение этого тонкого слоя огромно (§ 140). Мощность донной пленки, считая и слой грязи, едва ли превышает 100 метров; может быть, однако,

она более мощна, напр., в тех глубинных частях океана, где развиваются такие организмы, как морские лилии, значение которых в химических процессах земли, повидимому, очень велико. К сожалению, можно сейчас только условно определить толщу данной концентрации жизни в 10—60 метров в среднем.

129. Планктон и донная пленка охватывают всю гидросферу. Если поверхность планктона может быть в общем близка к поверхности океана, т. е. равна 3.6×10^8 квадр. километров, то поверхность донной пленки должна значительно превышать ее, т. к. она следует всей сложности и всем неправильностям рельефа океанического дна.

К этим двум объемлющим гидросферу пленкам присоединяются местами два других сгущения, тесно связанных в своем существовании с богатой свободным кислородом поверхностью планеты, переполненные зеленою жизнью, неотделимые от планктона—сгущения жизни—прибрежные и саргассовые.

1) Прибрежные сгущения иногда охватывают всю толщу воды, вплоть до донной пленки, так как они приноровлены к более мелким участкам гидросферы.

Площадь их, в общем, ни в коем случае не превышает значительно $^1/_{10}$ площади океана. Мощность их достигает сотен метров, в среднем вероятно местами доходит до 500 метров, может быть доходит до километра. Кое где они соединяются в одну толщу с планктонной и донной пленками.

Прибрежные усиления жизни всегда связаны с более мелкими частями океана, с морями и с прибрежными его областями. Они связаны с проникновением световых и тепловых излучений солнца, с разрушением континентов и с приносом с них реками богатых органическими остатками водных растворов и взмученной пыли суши. Общее количество этой жизни неизбежно должно быть меньше той, которая связана с планктонной или донной пленками, т. к. глубины ниже одного километра немного превышают—если превышают—десятую часть океанической площади.

Частию это леса водорослей и морских трав, частию скопления моллюсков, постройки кораллов, известковых водорослей, мшанок.

130. Особое место, повидимому, занимают саргассовые сгущения жизни, мало обращающие на себя внимания и разно объясняемые.

Они отличаются от планктонных сгущений характером фауны и флоры, а от прибрежных тем, что независимы в своем существовании от разрушения континентов и от приносимых реками созданий жизни суши. В отличие от прибрежных сгущений, саргассовые являются океаническими сгущениями и наблюдаются на поверхности глубоких частей океана, вне всякой связи с бентосом и с донной пленкой.

Долгое время их рассматривали, как вторичные образования, приносы ветрами и морскими течениями оторвавшихся частей прибрежных сгущений жизни. Постоянные, неизменные места их нахождения в океане казались следствием распределения ветров и течений—местами затишья, затонов.

Эти взгляды еще часто встречаются в научной литературе, но они резко противоречат фактам, по крайней мере для наиболее изученного и для наибольшего по размерам „Саргассового моря" Атлантического океана.

Мы встречаем в нем свою особую фауну и флору, указывающую на происхождение некоторых ее представителей из бентоса прибрежных областей. Очень возможно, что прав Л. Жермен (1924), связывающий ее происхождение с медленным приспособлением этой фауны и флоры к новым условиям с эволюцией прибрежного живого вещества—в связи с медленным опусканием в течение хода геологического времени бывшего на месте Саргассового моря исчезнувшего континента или сети островов.

Можно ли или нельзя применить это объяснение ко всем другим — многочисленным — сгущениям жизни этого рода, покажет будущее. Но факт остается—нахождение типа сгущений жизни, богатой крупными растительными организмами, переполненной особыми животными формами, отличного от пленок планктонной и донной и от прибрежных сгущений. Их точный учет не сделан—но повидимому площадь океана, ими обнимаемая, не велика, несравненно меньше площади прибрежных сгущений.

131. Из этого ясно, что едва ли 2% общей массы Океана заняты сгущениями жизни. Вся остальная его масса содержит жизнь рассеянную.

Несомненно влияние этих сгущений и пленок жизни сильно сказывается во всей толще океана — сказывается в частности и в ее химическом составе, и в ее химических процессах, и в ее газовом режиме — но находящиеся в этой толще, в промежуточных слоях организмы не вносят существенных изменений даже в количественный учет явления.

Поэтому во всем нашем дальнейшем учете значения жизни в биосфере мы можем оставить в стороне главную массу воды океана и принимать во внимание только четыре области сгущений: планктонную и донную пленки, прибрежные и саргассовые сгущения.

132. Во всех этих биоценозах размножение идет с перерывами во времени, с определенным ритмом. Ритм размножения отвечает ритму геохимической работы живого вещества. Ритм размножения пленок и сгущений определяет изменения его геохимической работы для всей планеты.

Как уже указывалось, характернейшей формой обеих океанических пленок живого вещества является преобладание в их массе протистов, организмов наиболее мелких, с максимальной быстротой размножения; едва ли когда скорость передачи жизни — величина v — в благоприятных — нормальных — условиях их существования может быть для них меньше 1000 сантиметров в секунду (§ 38). В связи с этим это тела с наибольшей интенсивностью газового обмена, всегда пропорционального их поверхности, и проявляющие на гектаре максимальную кинетическую геохимическую энергию (§ 41), т. е. способные в данный срок времени дать наибольшее скопление живого вещества на гектаре и достигающие наиболее быстро предела плодородия.

Повидимому эти быстро размножающиеся протисты различны в планктонной и в донной пленках. В донной преобладают бактерии, переполняющие огромные массы скопляющихся там неразложенных остатков более крупных организмов. В планктонной пленке, по массе охваченного ими вещества, они отходят на второе место, и на первое место выступают зеленые протисты и Protozoa.

133. Protozoa планктона не являются главной составной частью животной жизни планктона; среди животных преобладают Metazoa — ракообразные, первые стадии — яйца, мальки рыб и т. п.

Темп размножения Metazoa всегда медленнее размножения Protozoa. В иных случаях скорость передачи жизни для них исчисляется в долях сантиметра в секунду. Для океанических рыб и для ракообразных планктона величина v не падает, повидимому, ниже немногих десятков сантиметров.

Огромное количество Metazoa, нередко в виде больших форм, является характерной чертой строения донной пленки. Их размножение идет временами еще более медленным темпом, чем мелких организмов планктона.

Возможно, что здесь наблюдаются организмы с очень малой скоростью размножения.

Metazoa и Metaphyta характеризуют саргассовые и прибрежные сгущения; здесь протисты всякого рода в конце концов явно занимают второе место, и не они определяют темп геохимических процессов этих биоценозов.

В этих областях—особенно в прибрежных сгущениях—по мере углубления, Metazoa начинают преобладать и в конце концов являются основными проявителями жизни. То значение, какое они могут иметь, ясно для нас, напр., в зарослях кораллов, гидроидов, криноидей или мшанок.

134. Ход размножения—правильности его ритма—далеко не охвачены нашей научной мыслью.

Мы знаем только, что размножение не идет беспрерывно, и что в окружающем нас мире есть очень определенное повторяющееся в тесной зависимости от астрономических явлений чередование картины этих явлений.

Оно зависит от солнечного освещения, от солнечного нагревания, от количества жизни, от характера среды.

Увеличение размножения определенных организмов связано с увеличением движения тех атомов, которые необходимы для их жизни в тем большей степени, чем в большем количестве данные атомы входят в состав организма. Уменьшение размножения вызывает обратный процесс.

Сейчас наиболее ясна нам картина этого явления для планктонной пленки.

135. Для нее изменения размножения всегда ритмические. Они отвечают из года в год повторяющимся колебаниям среды жизни. Они находятся в теснейшей зависимости от ритмических движений океана. Эти движения океана—движения приливов и отливов, температуры, солености, интен-

сивности испарения, освещения—все космического происхождения.

В связи с ними и в известный момент весенних месяцев по всему морю разносится волна создания органического вещества в виде новых неделимых. Волна эта замирает в летние месяцы. Эта волна выявляется в ежегодном приплоде почти всех высших животных, и она отражается на составе планктона. „С совершенно той же неизбежностью, с какой приближается весеннее равноденствие и повышается температура, с такой же точностью масса планктонных животных и растений, обитающих единицу объема морской воды, достигает своего годового максимума и затем вновь понижается" (Д. Джонстон 1911). Картина, нарисованная Джонстоном, касается наших широт—но она по существу правильна для всего океана и меняется лишь в формах своего выражения.

В наших широтах в феврале—июне, для большинства рыб в марте—апреле, планктон переполняется яйцами рыб. Весной—напр., в Северном море—в нем кишат кремнистые диатомовые Biddulphia, Coscinodiscus, летом Rhizosolenia—осенью другие диатомовые и пиридиней. Первые два месяца года—январь и февраль—характерны обеднением жизни—замедлением размножения.

Смена темпа размножения—характерная и постоянная, различная для каждого организма—повторяется для каждого года с неизменной точностью, как повторяются все явления, связанные с космическими причинами.

136. **Геохимические циклы сгущений жизни и живых пленок гидросферы.** Геохимически ход размножения выражается в ритмичности земных химических процессов. Каждая живая пленка и каждое сгущение жизни есть область создания определенных химических продуктов.

Несомненно является чрезвычайно характерным для всего живого, что химические элементы, раз попавшие в его циклы, почти из них не выходят, в них остаются вечно. Все же небольшая часть их всегда при этом выделяется в виде новых водозных минералов и именно она представляется нам в виде созданий химии моря. Темп размножения отражается на их выделении.

Живая планктонная пленка есть главная область выделения самородного кислорода, создаваемого

жизнью зеленых организмов; в ней сосредоточиваются соединения азота, значение которых огромно в земной химии этого элемента; она является центром создания органических соединений океанической воды. Несколько раз в течение года здесь собирается кальций в виде карбонатов и кремний в виде опалов, и в конце концов они — падая на дно — накопляются в донной пленке. Мы видим результаты этой работы, геологически накопленной в мощных отложениях осадочных пород — в части материала меловых пород (водоросли нонно-планктона, корненожки) и кремнистых отложений (диатомовые и радиолярии).

137. Близки к живой планктонной пленке по своим химическим продуктам саргассовые и частию прибрежные сгущения. Они также характерны для создания свободного кислорода, кислородных соединений азота, кислородных и азотных соединений углерода, соединений кальция.

Повидимому, в этих местах нередко наблюдается концентрация магния, входящего в меньшей, чем кальций, но все же в яркой и заметной степени, в состав твердых частей организмов и непосредственно переходящего этим путем в состав вадозных минералов.

Гораздо менее, чем планктонная пленка, важны эти скопления жизни в истории кремния, хотя и здесь его круговорот через живое вещество очень интенсивен.

138. В истории всех химических элементов в областях скоплений жизни имеет значение двоякого рода процесс— во первых, прохождение данных химических элементов через живое вещество и, во вторых, выделение их—уход из живого вещества—в форме вадозных соединений.

В общем выделение этих тел в течение короткого—например—годового цикла жизни не заметно, т. к. количество выходящих из жизненного круговорота в этот промежуток времени элементов ничтожно. Оно становится заметным лишь в долгие промежутки времени, даже не исторические— но геологические. Этим путем создаются в земной коре массы косного твердого вещества, во множество раз превышающие вес живого вещества, в данную минуту существующего на планете.

В этом отношении наблюдается большое различие между живой планктонной пленкой и прибрежными сгущениями

жизни[1]). В этих последних выходят из цикла жизни значительно большие количества химических элементов, чем в планктонной пленке, и благодаря этому они оставляют больший след в строении земной коры.

Эти явления наблюдаются особенно интенсивно в нижних слоях прибрежных сгущений, около донной живой пленки, и в их частях, прилегающих или внедряющихся в сушу. В этом последнем случае характерно выделение твердых органических соединений углерода и азота и испарение газообразного сероводорода, связанное с уходом серы из данного участка земной коры. Этим биохимическим путем исчезают сульфаты из образующихся по краям морских бассейнов соляных озер и заливов.

139. Для прибрежных сгущений нет той резкой границы между химическими реакциями дна и поверхности моря, которая так ярка в открытом океане, где обе эти живые химически активные пленки отделены друг от друга огромной толщей в несколько километров мощностью химически инертной воды.

В прибрежных сгущениях границы между пленками гидросферы вообще сближаются, а в мелких морях и вблизи берегов исчезают.

В этом последнем случае сливается действие всех скоплений жизни, и наблюдаются области особенно интенсивной биохимической работы разного типа.

Донная пленка есть всегда область интенсивного проявления химической работы жизни. На первое место выступают концентрации организмов, обладающих наибольшей геохимической энергией — бактерий. Здесь вместе с тем резко меняются химические условия обычной среды, так как благодаря нахождению больших количеств жадно поглощающих свободный кислород соединений, большею частью продуктов жизни — и медленной замене свободного кислорода, идущего с поверхности океана — в донной пленке господствует — в морской грязи — восстановительная среда. Здесь царство анаэробных бактерий. Только тонкий слой ее в несколько миллиметров мощностью представляет область интенсивных биохимических окислительных процессов, даю-

[1]) Явления в саргассовых сгущениях нам сейчас точно не известны.

щих начало нитратам и сульфатам. Он отделяет верхнее население донных сгущений жизни, подобное по химическим своим проявлениям прибрежным сгущениям от неизвестной в других местах в биосфере восстановительной среды донной грязи.

В действительности здесь, благодаря непрерывному перемешиванию грязи роющими животными, постоянно нарушается равновесие между окислительной и восстановительной средой—биохимические и химические реакции идут в обе стороны, усиливая создание нестойких, богатых свободной химической энергией, тел.

Вместе с тем характерной особенностью донных сгущений является постоянное отложение в них гниющих остатков погибших организмов, падающих неустанно на дно с планктонной, саргассовой, прибрежных пленок с промежуточных слоев морей и океана.

Эти остатки организмов переполнены бактериями, главным образом анаэробными, и еще более увеличивают восстановительный химический характер среды этих концентраций жизни.

140. Донные концентрации жизни в связи с характером их живой материи играют совершенно особую роль в биосфере и имеют огромное значение в создании ее косной материи. Ибо главные продукты их биохимических процессов, здесь образующиеся, являются в анаэробных условиях твердыми телами или телами коллоидальными, с ходом времени в значительной мере переходящими в твердые. В этих областях существуют все условия для их сохранения, так как здесь организмы по отмирании и их остатки очень быстро выходят из обычных биохимических условий тления и гниения, из условий того процесса, который в среде, содержащей кислород, в конце концов переводит значительную часть их вещества в газообразные продукты; они не „сгорают". Уже на небольшой глубине в морской грязи прекращается не только аэробная, но и анаэробная жизнь. По мере падения сверху остатков жизни и взмученных частей косной материи—нижние слои морской грязи становятся безжизненными, и образованные жизнью химические тела не успевают перейти в газообразные продукты или войти в новые живые вещества. Живой слой грязи никогда не превышает немногих метров, между тем как он непрерывно растет с поверхности. Снизу он неустанно замирает.

„Исчезание" остатков организмов, переход их в газы, есть всегда процесс биохимический. В слоях, лишенных жизни, остатки организмов медленно меняются, переходят в течение геологического времени в вадозные твердые и коллоидальные минералы.

Продукты такого происхождения окружают нас всюду и измененные химическими процессами с ходом времени— в форме осадочных пород—составляют поверхность планеты в несколько километров средней мощности. Они постепенно переходят в метаморфические породы, еще больше изменяются, и, попадая в области высокой температуры в магматическую оболочку земли, входят в состав массивных, гипабиссальных пород—фреатических и ювенильных тел, вновь вступающих в биосферу с ходом времени—под влиянием той энергии, проявлением которой является высокая температура этих слоев (§ 75, 76).

Они вносят в эти области планеты ту свободную, превращенную жизнью в химическую, энергию, которую зеленый организм получил некогда в биосфере в форме космических излучений, солнечных лучей.

141. Поэтому живые донные пленки, в связи с прилегающими к ним прибрежными скоплениями жизни, заслуживают особого внимания при учете химической работы живого вещества на нашей планете.

Они образуют мощные химически активные участки земной коры, действующие медленно, но в общем одинаково в течение всего геологического времени.

Распределение моря и суши на земной поверхности дает понятие об их перемещении на ней во времени и месте.

Геохимическое значение донных, живых пленок велико как для их окислительной верхней части (главным образом, бентос), так и для их нижних восстановительных слоев.

Оно еще болеее увеличивается в тех частях, где они сливаются с прибрежными сгущениями жизни, и где к обычным для них продуктам прибавляются (выше 400 метров—§ 55)—свободный кислород и биохимические продукты, связанные с ним и с работой зеленой жизни.

В главной своей части окислительная среда донной пленки резко сказывается в истории многих химических элементов, не только кислорода, азота или углерода.

Прежде всего она совершенно меняет историю кальция на земле. Очень характерно, что кальций из всех металлов является господствующим в живом веществе. В валовом составе живого вещества он превышает 1% по весу—а в очень многих организмах, главным образом морских, его количество превышает 10 и даже 20%. Этим путем, деятельностью живого вещества, кальций в биосфере отделяется от натрия, магния, калия, железа, с которыми он связан в косной материи земной коры в общих молекулах и с которыми он сравним по своей распространенности. Кальций уже в организмах приводится в форму карбонатов и сложных фосфатов, в виде несколько измененных форм которых он сохраняется, и в вадозных минералах биохимического происхождения.

Океан, главным образом, его области донных и прибрежных сгущений жизни, является тем механизмом, который создает кальциевые покровы планеты, отсутствующие в ювенильных силикатовых массах ее коры.

Ежегодно в океане откладывается не меньше 6×10^{14} грамм кальция в виде карбонатов. Не меньше 10^{18}—10^{19} грамм кальция находится в непрерывном круговороте в живом веществе; это составляет уже заметную часть всего кальция земной коры (около 7×10^{23} грамм) и очень значительную часть кальция биосферы. Кальций концентрируется не только организмами бентоса, обладающими значительной скоростью передачи жизни—моллюсками, криноидеями, морскими звездами, водорослями, кораллами, гидроидами и другими; он собирается протистами морской грязи еще больше планктона, в том числе нонно планктона, и бактериями, обладающими максимальной для живого вещества кинетической геохимической энергией.

Путем выделения соединений кальция, образующих целые горы, участки в миллионы кубических километров объемом, солнечная энергия жизнедеятельностью организмов определяет химию земной коры не меньше, чем разложением углекислоты и воды и созданием этим путем органических соединений и свободного кислорода.

Кальций выделяется, главным образом, в виде карбонатов частью в виде фосфатов. Он приносится в Океан реками с суши, где главная его часть тоже прошла, в другой форме, через наземную жизнь (§ 154).

142. Помимо кальция эти области скоплений жизни аналогичным образом влияют на историю в земной коре других распространенных элементов, несомненно кремния, алюминия, железа, марганца, магния, фосфора.

Многое еще нам неясно в этих сложных природных явлениях, но общий результат—огромное значение этой живой пленки в геохимической истории указанных элементов—является несомненным.

В истории кремния влияние донной пленки сказывается в образовании отложений остатков кремневых организмов, частью планктонных, частью донных—радиолярий, диатомовых, морских губок. В результате образуются самые большие нам известные скопления свободного кремнезема—в сотни тысяч кубических километров объемом. Этот свободный кремнезем, инертный и малоизменчивый в биосфере, является в метаморфической и магматической оболочках земли,—благодаря своему химическому характеру свободного кислотного ангидрида—интенсивным химическим фактором, носителем свободной химической энергии.

Едва ли можно сомневаться и в другой биохимической реакции, здесь идущей, общее значение которой мы сейчас еще не можем уяснить. Это разложение диатомовыми и может быть бактериями алюмосиликатов каолинового строения, ведущее, с одной стороны, к образованию указанных выше отложений свободного кремнезема, а с другой, к выделению гидратов окиси алюминия. Этот процесс идет, повидимому, не только в грязи, но, судя по опытам Меррея и Ирвина, и в взмученной глинистой мути морской воды, которая сама является результатом биохимических процессов выветривания косной материи суши.

143. Повидимому, не меньше значение этих областей и связанных с ними биохимических реакций в истории железа и марганца. Несомненен результат этих реакций: образование в земной коре самых больших скоплений этих элементов, нам в земной коре известных. Таковы молодые третичные железные руды Керчи, мезозойские Эльзас-Лотарингии. Эти бурые железняки и богатые железом хлориты, повидимому, несомненно выделились в теснейшей связи с остатками организмов, но механизм процесса нам неясен. Вероятно мы имеем здесь дело с бактериальным процессом, по крайней мере отчасти.

На всем протяжении геологической истории, начиная с архейской эры, наблюдается повторение тех же процессов. Так образовались, например, величайшие древнейшие скопления железа в железных рудах Миннезоты.

Тот же характер имеют многочисленные руды марганца—и его величайшие скопления в Закавказьи в Кутаисской губернии. Есть переходы между железными и марганцовыми рудами, и идут и сейчас на значительных протяжениях морского дна аналогичные их выделения, биохимическое бактериальное происхождение которых является чрезвычайно вероятным, если не может считаться доказанным.

144. Тот же самый характер носят выделения соединений фосфора, выпадающие и ныне на морском дне при условиях, для нас невполне ясных.

Связь их с явлениями жизни, с биохимическими процессами несомненна, но механизм процесса точно не известен.

Несомненно фосфор таких фосфоритовых залежей, главным образом конкреционных образований, известных на всем протяжении геологической истории по крайней мере с кембрия—органического происхождения. Несомненно везде он здесь связан с морскими донными сгущениями жизни. В них же—в несравненно меньших размерах—фосфоритные конкреции образуются и сейчас кое где (у Южной Африки напр.) на морском дне. Несомненно часть этого фосфора уже была концентрирована в виде фосфатов организмами при их жизни в виде богатых им частей их тела.

Обычно, однако, фосфор организмов, столь необходимый для живого, не выходит из жизненного круговорота. Условия его выхода из цикла жизни нам неясны, причем все указывает на то, что на ряду с фосфором скелетов (твердых соединений кальция) в конкреции переходит и фосфор коллоидальных органических соединений и фосфаты растворов организма.

Этот выход совершается при особых условиях гибели богатых фосфор содержащими скелетами организмов, делающих невозможными обычные процессы изменения их тел и создающих благоприятную среду для жизнедеятельности особых бактерий.

Несомненен во всяком случае факт биогенного происхождения этих образований, их постоянной теснейшей связи

с живой донной пленкой и постоянного повторения аналогичных явлений в течение всего геологического времени.

Этим путем собираются самые бо́льшие концентрации фосфора, нам известные—в роде тех, какие проявляют нам третичные фосфориты северной Африки или юговосточных Штатов Северной Америки.

145. Несомненно наши знания о химической работе живого вещества этой пленки все еще не полны. Ясно, что ее роль значительна в истории магния, в истории бария и, должно быть, других химических элементов, как, например, ванадия, стронция или урана. Здесь мы находимся перед большой, еще мало затронутой точным знанием областью явлений.

Еще больше неясностей и загадок представляет другая область донной пленки—лишенная кислорода нижняя ее часть. Это область анаэробной бактериальной жизни и физикохимических явлений, связанных с проникающими ее органическими соединениями. Эти соединения были созданы в другой химической среде особыми чуждыми в обычной жизненной среде, богатой кислородом, живыми организмами.

Хотя процессы, здесь происходящие, в значительной степени остаются для нас темными, и по отношению к целому ряду вопросов, с ними связанных, мы вынуждены делать гипотезы, мы не можем оставлять их без внимания и должны их учитывать при оценке роли живого в механизме земной коры.

Ибо два эмпирических обобщения несомненны: (1) несомненно значение этих грязевых отложений, богатых остатками организмов, в истории серы, железа, меди, свинца, серебра, никкеля, ванадия, повидимому, кобальта, может быть других более редких металлов и (2) несомненна повторяемость этого явления в разные геологические эпохи, указывающая на связь его с определенными физикогеографическими условиями замирания морских бассейнов и с их биологическим характером.

146. Для серы несомненно непосредственное участие в ее выделении особых живых организмов—бактерий, выделяющих сероводород, разлагающих сульфаты или сложные содержащие серу органические соединения. Выделяемый при этом сероводород вступает в многочисленные химические

реакции и дает сернистые металлы. Это биохимическое выделение сероводорода является характерным явлением этой области и наблюдается непрерывно всюду в морской грязи, причем в наружных частях ее он быстро биохимически окисляется вновь в сульфаты.

Биохимический характер выделения соединений других металлов неясен. Многое указывает, что железо, медь, ванадий—а может быть и другие находящиеся здесь и соединяющиеся с серой металлы—получаются разрушением организмов, ими богатых. С другой стороны очень вероятно, что органические вещества морской грязи обладают способностью задерживать металлы, осаждать их из слабых растворов, причем сами металлы могут не иметь никакого прямого отношения к живому веществу.

Но и в том, и в другом случае этого выделения металлов не было бы—если бы не было остатков жизни, т. е. если бы морская грязь не являлась бы—в своей органической составной части—продуктом живого вещества.

Мы наблюдаем сейчас такие процессы в большом масштабе в Черном море (выпадение сернистого железа), в малом—во множестве мест. Их широкое развитие в другие геологические периоды может быть прослежено во множестве случаев. В пермский и в триасовый периоды в области Евразии были выделены этим путем из растворов или из живого вещества огромные количества меди.

147. Из всего вышеизложенного ясно, что во все геологические периоды существовало то же самое распределение жизни в гидросфере, и сказывалось то же самое неизменное ее проявление в химии планеты. Те же самые живые пленки—планктонная и донная—и те же сгущения жизни (по крайней мере прибрежное) существовали во все геологические периоды, являлись частью одного и того же непрерывно существовавшего все эти сотни миллионов лет биохимического аппарата.

Все время происходившие перемещения суши и моря вызывали смещения на поверхности планеты одних и тех же химически активных областей,—образованных живым веществом—живых пленок и сгущений гидросферы. Они этим путем переходили—как пятна лика планеты—с одного места на другое.

Нигде мы не видим при изучении древних геологических отложений указаний на изменение такого строения гидросферы или его химических проявлений.

А между тем морфологически за этот ход времени живой мир изменился до неузнаваемости. Очевидно это его изменение заметно не отражалось ни на количестве живого вещества, ни на его среднем валовом составе: морфологическое изменение шло в известных рамках, не нарушавших проявления жизни в химической картине планеты.

И это несмотря на то, что морфологические изменения несомненно были связаны с большими—в масштабе организма—нарушениями химического характера. Создавались новые химические соединения, исчезали старые (с вымиранием видов)—но это не отражалось заметно на геохимическом эффекте жизни при ее изучении, как планетного явления. В этом масштабе незаметно даже такое несомненно огромное химическое изменение в истории кальция, фосфора, может быть магния, как создание скелета Metazoa. Очень вероятно, что в до палеозойское время организмы были лишены этого скелета; эта гипотеза, которая многими считается установленным эмпирическим обобщением, действительно многое объясняет в палеонтологической истории органического мира.

Для того, чтобы это явление не отразилось на геохимической истории фосфора, кальция, магния—необходимо допустить, что до создания скелетных Metazoa выделение схожих соединений этих элементов шло в том же масштабе жизнедеятельностью протистов, между прочим бактерий; такое выделение длится еще и до сих пор, но раньше оно должно было играть еще большую и исключительную роль.

148. Живое вещество суши. Совершенно иную картину, чем гидросфера, представляет суша. По существу мы имеем здесь одну живую пленку, которую представляет почва и населяющая ее фауна и флора.

Однако, среди этой единой переполненной жизнью пленки—необходимо выделить на земной поверхности еще водные сгущения живого вещества—водные вместилища, которые и с биохимической, и даже с чисто биологической точки зрения резко отличны от суши;—геологический же их эффект явно совершенно иной.

Жизнь покрывает сушу почти сплошной пленкой; мы находим ее проявление и на сплошных ледниках и снегах, в пустынях, на высотах гор. Едва ли можно говорить на поверхности суши о безжизненности—можно говорить только о временной безжизненности, о разрежении жизни. В той или иной форме жизнь проявляется всюду. Разрежения жизни, пространства суши, ею бедные, пустыни, ледники и снежные поля, снежные горы—в общей сложности едва ли составляют 10 процентов ее поверхности. Вся остальная поверхность суши является жизненной пленкой.

149. Мощность этой пленки очень незначительна; она для сплошных лесных пространств не подымается выше нескольких десятков метров над земной поверхностью; в полях и степях она подымается на несколько метров.

Вглубь она нигде не идет глубже 1—5 метров—глубже слоя почвы и верхней подпочвы.

В общем на поверхности суши чередуются участки живой пленки в десятки метров и в немногие метры мощностию.

Деятельность культурного человечества внесла в структуру этой пленки такие изменения, каких нигде не наблюдается в гидросфере.

Эти изменения—новое явление в геологической истории планеты, еще не учтенное в своем геохимическом эффекте. Одним из главных его проявлений является чрезвычайное уменьшение лесных пространств, т. е. более мощных частей пленки.

150. Мы сами входим в состав этой пленки, и нам чрезвычайно ясно ее изменение—в ее составе и в ее проявлении—в течение годового солнечного цикла.

Здесь преобладают по количеству захваченного жизнью вещества зеленые растения и среди них травы и деревья—в животном населении насекомые, клещи, м. б. паукообразные. То, что медленно выяснилось в планктоне — сезонные усиления и ослабления размножения — здесь общеизвестно. Жизнь замирает в наших широтах зимою, возбуждается и развивается весною. Тот же процесс идет всюду в разных формах, в большей или меньшей яркости—от полюсов и до тропиков.

Это не только явление, резко выраженное для поверхностной зеленой растительности и для связанного с нею животного мира, для которого столь же характерны перио-

дически сезонные периоды размножения. То же самое наблюдается и для почв. К сожалению, здесь вопрос мало изучен, а между тем, как мы увидим, значение почв в истории планеты гораздо бо́льшее, чем это обычно кажется.

В общем для всех пленок и гидросферы и суши существуют регулируемые солнцем усиления и ослабления размножения—хода геохимической энергии живого вещества, „вихрей" химических элементов, им захватываемых. Геохимические процессы пульсируют, закономерно замирают и усиливаются.

Числовые законности, здесь явно существующие, нам совершенно не известны.

151. Геохимические явления, связанные с живой пленкой суши, чрезвычайно характерны и резко отличают ее от морских пленок.

В живой пленке суши никогда процессы выхода химических элементов из жизненного цикла не приводят к таким скоплениям водозных минералов, какие мы наблюдаем в морских отложениях, где ежегодно отлагаются миллионы тонн карбонатов кальция и магния (известняки и доломитизованные известняки), кремнезема (опалы и т. п.) гидратов окиси железа (бурые железняки), водных окислов марганца (пиролюзиты и псиломеланы), сложных фосфатов кальция (фосфориты) и т. п. (§ 141 сл.). Все эти образования в огромном большинстве морского происхождения, во всяком случае водного (§ 151 сл.). В живом веществе суши химические элементы не выходят—в еще более подавляющей своей части (§ 138) из жизненного цикла, чем в гидросфере. После умирания организма или отмирания его частей—вещество или немедленно—без перерыва—захватывается новыми организмами, или же уходит в атмосферу в виде газообразных продуктов. Эти биогенные газы—O_2, CO_2, H_2O, N_2, NH_3, ...—вновь сейчас же захватываются в живое вещество его газовым обменом.

Мы имеем здесь очень совершенное динамическое равновесие, которое приводит к тому, что огромная геохимическая работа живого вещества суши оставляет—после десятков миллионов лет своего существования—ничтожные следы в твердых телах, строющих земную кору. Химические элементы живого вещества суши находятся в непрерывном движении—в форме газов и живых организмов.

152. Из этого динамического равновесия постоянно выходит ничтожная по весовому процентному содержанию, но выражающаяся, надо думать, ежегодно во многих миллионах тонн масса твердых остатков жизненного цикла суши в виде мельчайшей пыли „органического вещества"—соединений, главным образом, углерода, кислорода, водорода, азота—в меньшей степени фосфора, серы, железа, кремния и т. п., которые проникают всю биосферу и в некоторой неопределимой пока части уходят из жизненного цикла—иногда надолго, на миллионы лет.

Эти органические остатки проникают всю материю биосферы—живую и косную—собираются во всех вадозных минералах, во всех поверхностных водах и реками и атмосферными осадками сносятся в море. Их влияние в ходе химических реакций биосферы огромно и аналогично тому влиянию органических растворенных веществ природных вод, о котором упоминалось выше (§ 91). Органические остатки жизни полны—в термодинамическом поле биосферы—свободной химической энергией; по своим малым размерам они легко дают водные дисперсные системы—коллоидальные растворы.

153. На суше они концентрируются в почвах, которые, однако, никак нельзя рассматривать, как косную материю. В почвах живое вещество достигает нескольких десятков весовых процентов; это область наивысшей геохимической энергии живого вещества, важнейшая—по своим геохимическим последствиям—лаборатория идущих в ней химических и биохимических процессов.

Она по своему значению аналогична грязевой части донной пленки (§ 139), но в отличие от нее в ней преобладает окислительная среда. Вместо нескольких миллиметров ее толщины в донной грязи, мощность ее здесь может превышать метр. Роющие животные и здесь являются могучим фактором ее уравнивания.

Почва является областью энергичного выветривания в среде, богатой кислородом и углекислотой, которые отчасти создаются живым веществом, в ней находящимся.

Но в отличие от наземного биохимизма суши химические создания почвы не входят целиком в новые жизненные вихри элементов, выражающие, по образному выражению

Кювье, сущность живого, не уходят в газовые формы естества. Они выходят на некоторое время из цикла жизни и отражаются в другом, огромном явлении планеты—в составе природной воды, в соленой воде океана.

Почва жива, пока она влажная. Ее процессы идут в водной среде—в растворах или в дисперсных системах.

И этим обусловливается иной характер проявления живого вещества почвы в химии планеты по сравнению с живыми организмами, на ней находящимися.

В их проявлении решающую роль играет механизм воды на суше.

154. Вода на суше находится в постоянном круговороте. Этот круговорот совершается энергией солнца — его тепловыми лучами. Этим путем проявляется космическая энергия на нашей планете в неменьшей степени, чем она выявляется в геохимической работе жизни. Деятельность воды в механизме всей земной коры совершенно решающая; особенно ярка она в биосфере. Она не только составляет в среднем много более двух третей по весу живой материи (§ 107), ее присутствие является непреходимым условием размножения живых организмов, проявления их геохимической энергии, условием их выявления в механизме планеты.

В биосфере не только вода не отделима от жизни—но и жизнь не отделима от воды. Трудно учесть, где кончается влияние одного тела—воды—и начинается влияние другого—разнородного живого вещества.

Почва непосредственно захватывается круговоротом воды—она ею обтекается благодаря осадкам. Всюду идет непрерывный процесс ее выщелачивания, стекания по ней поверхностных вод. Они непрерывно растворяют и уносят в взмученном состоянии богатые органическими остатками ее части. Состав пресной воды, таким путем связанный с почвой, непосредственно определяется химизмом почвы, является проявлением ее биохимизма. Почва резко определяет таким путем в самой основной его части, состав речной воды, куда в конце концов собираются все эти поверхностные воды.

Реки несут свои воды в море, и состав морской воды в его солевой части в конце концов и главным образом обусловлен ими, т. е. обусловлен хими-

ческой работой почвы,—ее столь еще мало нам известным биоценозом.

На нем отражается окислительный характер среды почвы; он выражается в конечных растворимых продуктах ее живого вещества. В водах рек преобладают сульфаты и карбонаты, натрий соединен с хлором. В тесной связи с биохимизмом этих элементов в почве, характер их нахождений в речной воде резко отличается от твердых их выделений в лишенных жизни земных оболочках.

155. В связи с циркуляцией воды на суше наблюдаются и другие закономерные химические проявления населяющего ее живого вещества.

Жизнь, населяющая водные пространства, резко отличается по своим эффектам от жизни наземной.

Здесь мы наблюдаем во многом явления, аналогичные пленкам и сгущениям гидросферы, здесь в меньшем масштабе можно отличить и планктонную, и донную пленку, и сгущения, отвечающие прибрежным. Здесь помимо окислительной среды имеют место и химические реакции в среде восстановительной. Здесь, наконец, увеличивается выход химических элементов из жизненного круговорота и образование твердых продуктов, входящих позже в состав осадочных пород земной коры. И здесь, повидимому, этот процесс выделения твердых продуктов связан с явлениями восстановительной среды, быстрого исчезания кислорода, а затем и прекращения не только аэробной, но и анаэробной жизни простейших.

При таком общем сходстве, геохимический эффект этого явления суши существенно отличен от наблюдаемого в гидросфере.

156. Это связано с резким отличием от гидросферы водных вместилищ суши. Химическим основным различием является пресный характер главной массы воды, физически—мелкость водовместилищ. Главная масса воды суши в области биосферы—сосредоточена в лужах, озерах и болотах, а не в реках. Благодаря мелкости бассейнов они представляют одно пресноводное сгущение жизни. Только в пресных морях, как, напр., Байкальское, мы наблюдаем раздельными живые пленки, подобно гидросфере. Но эти глубокие озера являются исключением.

В связи с таким характером озер их биогеохимическая роль резко отлична от водных вместилищ океана и прежде всего это выражается в том, что продукты выделения в пресных водных бассейнах иные. На первое место выступают соединения углерода. Хотя и кремнезем, и карбонаты кальция, и бурые окислы железа образуются в донных пленках и связанных с ними сгущениях водоемов суши—они отходят на второй план по сравнению с выделением углеродистых тел. Здесь—и только здесь—идет в заметной степени выделение стойких вадозных углеродо-водородо-азотных тел, бедных кислородом—всех углей и битумов. Это стойкие формы вадозных минералов, в которые переходят, выходя из биосферы, органические соединения углерода. В конечном их изменении в метаморфических областях углерод выделяется в свободной форме графита.

Причина образования стойких углеродо-азотистых тел только в пресных водовместилищах нам неясна—но она выдерживается неизменно в течение всего геологического времени. В соленой воде моря мы сколько нибудь их значительных скоплений не знаем. Является ли это следствием химического характера среды или строения живой природы, сказать нельзя—но и в том, и в другом случае явление это связано с характером жизни.

Скопления этих органических веществ являются очагами огромной потенциальной энергии, „погребенными лучами солнца", по образному выражению Р. М а й е р а, значение которых так велико в истории человека, но далеко не безразлично и в природе. Понятие о масшабе проявлений этого процесса можем получить, учтя количество известного нам каменного угля.

Несомненно в этих же пресноводных сгущениях суши надо искать и главных мест выделения жидких углеводородов — нефти,—зависимость которых от скоплений жизни биосферы может считаться вполне точно установленной для главных типов нефтяных месторождений.

157. **Связь живых пленок гидросферы и суши.** Из предыдущего ясно, что все живое представляет неразрывное целое, закономерно связанное не только между собою, но и с окружающей косной средой биосферы.

Но наши современные знания недостаточны для получения яркой единой картины. Это дело будущего, которое увидит и лежащие в ее основе числовые соотношения.

Мы же только улавливаем самые общие контуры явления.

Мы видим, что неизменно в течение всего геологического времени—под влиянием неуклонного тока лучистой солнечной энергии—в биосфере действовал один и тот же химический аппарат, созданный и поддерживаемый в своей деятельности живым веществом.

Этот аппарат состоит из определенных концентраций жизни, которые занимают, вечно меняясь, одни и те же места в земных оболочках, отвечающих биосфере. Эти концентрации жизни—живые пленки и сгущения жизни—являются как бы более частными делениями земных оболочек. В общем их концентрический характер выдерживается, хотя они никогда не дают сплошного непрерывного покрова поверхности планеты.

Они являются областями планеты химически активными; здесь сосредоточены разнообразнейшие статические—установившиеся — системы динамических равновесий земных химических элементов. Это области, где обтекающая весь земной шар лучистая энергия солнца принимает форму земной свободной химической энергии, причем она отражается в различной мере для разных химических элементов.

Существование этих областей планеты связано, с одной стороны, с той энергией, какую она получает от солнца, а с другой, со свойствами того живого вещества, которое является аккумулятором и трансформатором этой энергии в земную химическую.

158. Все эти сгущения жизни теснейшим образом между собою связаны. Одна не может существовать без другой. Эта связь между разными живыми пленками и сгущениями и неизменный их характер есть извечная черта механизма земной коры, проявлявшаяся в ней в течение всего геологического времени.

Как не было ни одного геологического периода, когда бы не было суши, так не было и такого, когда бы она одна существовала. Только в отвлеченной фантазии ученых наша планета являлась в виде сфероида, покрытого океаном—в форме Панталассы Зюсса или в форме сухой, уравненной, мертвой пенеплены, как ее рисовал давно Э. Кант и относительно недавно Лоуэлль.

В действительности всегда на ней существовали все живые пленки—планктонная, донная, почвенная и все живые сгущения—прибрежные, саргассовые (?) и пресноводные.

Менялись с ходом времени—колебались—их взаимные отношения, количества связанного в них вещества. Едва ли однако эти изменения могли быть очень значительны: так как при неизменном или почти неизменном в течение геологического времени притоке энергии, солнечного лучеиспускания — распределение этой энергии в пленках и в сгущениях должно было быть обусловливаемо тем живым веществом, которое в нем является основной и единственной изменчивой частью в термодинамическом поле биосферы.

Но само живое вещество не является случайным созданием. Оно в себе самом также отражает солнечную энергию, как отражают ее его земные концентрации.

Можно итти дальше в нашем анализе, углубиться в тот сложный механизм, который представляют из себя живые пленки и сгущения —для этого необходимо ближе остановиться на формах—не организмов—но их совокупностей, однородных живых веществ, которые составляют живые пленки и сгущения, и на тех химических взаимоотношениях, какие должны для них при этом выявляться Я надеюсь в следующих очерках остановиться на этих двух проблемах — на однородных живых веществах и на структуре живой природы в биосфере.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

СТРАН.

От автора 1

Очерк первый. Биосфера в Космосе.

§ 1. Биосфера в мировой среде 7
§ 8. Биосфера, как область превращений космической энергии 14
§ 12. Эмпирическое обобщение и гипотеза 19
§ 19. Живое вещество в биосфере 24
§ 25. Размножение организмов. Геохимическая энергия живого вещества 30
§ 46. Зеленое живое вещество 48
§ 62. Несколько замечаний о живом веществе в механизме биосферы 64

Очерк второй. Область жизни.

§ 68. Биосфера—земная оболочка 71
§ 88. Живое вещество первого и второго порядка в биосфере 89
§ 101. Пределы жизни 102
§ 109. Границы живого в биосфере 108
§ 123. Жизнь в гидросфере 118
§ 136. Геохимические циклы сгущений жизни и живых пленок гидросферы 128
§ 148. Живое вещество суши 138
§ 157. Связь живых пленок и сгущений жизни суши и моря . . 143

Завтра, 28го в 11 час. в Д. с.

отвечать — „Формы познания"

31го марта в 9 - 3ч

сдать Борисовка

15 02
16 08
17 57
19. 35
20 13
21 32

Banganza 55, 467

16
7.50
16 80
750
6 p
3 p
58.80

X

9.
17039